中国石化集团上海工程有限公司　编

化工工艺设计手册

第四版

下册

CHEMICAL PROCESS DESIGN HANDBOOK

化学工业出版社

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

《化工工艺设计手册》第四版

编辑委员会

主任 吴德荣
顾问 汪镇安
委员（以姓氏笔画为序）：
王江义　石荣华　华　峰　杨丽敏　李　冰　吴德荣　沈江涛
施大伟　洪德晓　薛宏庆

编写及校审人员名单

主编 吴德荣

	编写人员	校审人员
第1篇		
第1章	王玉枫	陈明辉
第2章	蔡　炜	刘国权　张　镔
第3章	刘文光　陈安忠　陈芩晔	汪建羽　杨丽敏　石荣华
第4章	周　燕　李纤曙　黄　琦　施大伟	施大伟
第5章	高爱珠	沈　江
第6章	何　琨　王宗仁	王江义
第7章	陈为群	王江义
第8章	陈为群	王江义
第2篇		
第9章	吴德荣　王玉枫	陈明辉　吴德荣
第10章	石荣华	杨丽敏
第11章	虞　军　秦叔经	石荣华
第12章	陈　迎　张声文　张翔宇	李真泽
第13章	陈　伟　王　刚	洪德晓
第14章	石荣华	王　玲
第15章	王　俭	华　峰
第16章	王祖真	汪　扬
第17章	金国森　缪　晡	缪　晡　石荣华
第18章	严　琦　童志阳　赵凯烽	许　燕
第19章	陈　伟	蒋　国
第20章	陈　伟　张　红	华　峰
第21章	葛春方	王江义
第3篇		
第22章	薛宏庆	华　峰
第23章	叶　海	华　峰
第24章	张　红	华　峰
第25章	薛宏庆　周新南	华　峰　薛宏庆
第4篇		
第26章	汪建羽　程　侠	陈安忠　汪建羽　应道宴
第27章	凌元嘉　应道宴	汪建羽　吴寿勇
第28章	吴寿勇	汪建羽
第29章	方　立	陈安忠　汪建羽
第5篇		
第30章	李　冰　俞旭波　陈　新	华　峰　李　冰
第31章	杨一心　周　渊　项志铉	王福国　杨一心
第32章	杨　军　柴　健　董文良	陈芩晔　王志敏
第33章	赵肖兵	石荣华
第34章	陈志平　姚益民	马　坚　徐　旻
第35章	沈江涛　戴季煌　虞　军	黄正林
第36章	何　琨	陈为群
第37章	程　华　汪征颐　高志刚	杨丽敏　陈芩晔

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

《化工工艺设计手册》（第四版）分上、下两册出版，共含5篇37章。上册包括工厂设计，化工单元工艺计算和选型两篇；下册包括化工系统设计，配管设计，相关专业设计和设备选型三篇。《手册》在保持第三版内容框架的基础上，反映了新修订公布的有关标准规范及产品资料，新型单元设备等内容，对第三版内容中的大量数据进行了更新、补充，基本满足了相关行业发展的需要，体现了自第三版出版以来化工工艺设计方法和技术上的新发展。

本书可供化工、石油化工、医药、轻工等行业从事工厂设计的工程技术人员使用，也可供其他行业和有关院校的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

化工工艺设计手册（下册）/中国石化集团上海工程有限公司编. —4版. —北京：化学工业出版社，2009.6
ISBN 978-7-122-05307-7

Ⅰ.化… Ⅱ.中… Ⅲ.化工设备-工艺设计-技术手册 Ⅳ.TQ050.2-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第055690号

责任编辑：辛 田 周国庆　　装帧设计：戴晓辛 张 辉
责任校对：陶燕华

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）
印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装 订：三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张55¾ 插页2 字数2056千字 2009年9月北京第4版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：158.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2009—14号

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

前言

《化工工艺设计手册》是由中国石化集团上海工程有限公司（原上海医药工业设计院）组织撰写、化学工业出版社编辑出版的化工工艺设计工具书。本书自1986年首版以来，历经二十多年，深受广大读者的欢迎，期间进行了两次修订再版，总发行量已达12万余套，成为业内颇有影响的一部工具书。

2008年，应广大读者的要求，上海工程有限公司会同化学工业出版社研究决定在2003年第三版的基础上进行修订再版。经过双方的共同努力，《化工工艺设计手册》第四版的修编工作业已完成。

本次再版是在第三版的基础上进行的升级。修订中突出反映了第三版出版以来化工工艺设计技术和方法上的新进展和新成果，化工生产过程中应用的新设备，以及国家和行业有关法律、法规、标准的新变化，大部分章节都进行了修订、补充和完善。为满足企事业开展科技创新活动的需求，我们在再版中新增加了第37章“科学实验建筑”。

设计是知识、经验和标准规范的综合应用，《化工工艺设计手册》内容全面实用、理论结合实践、资料翔实可靠、信息及时准确、使用简捷方便。

《化工工艺设计手册》出版以来，承蒙广大读者的关心和爱护，在此谨表衷心感谢，并希望读者继续提出宝贵意见，以便不断地改进和完善。

吴德荣

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

目录

第3篇 化工系统设计

第22章 管道及仪表流程图设计 …… 3

1 管道及仪表流程图的设计基础 …… 3

1.1 工艺设计包提交的内容 …… 3

1.1.1 设计基础 …… 3

1.1.2 工艺说明 …… 3

1.1.3 工艺流程图 …… 4

1.1.4 物料平衡和能量平衡 …… 4

1.1.5 管道及仪表流程图 …… 4

1.1.6 工艺设备表 …… 5

1.1.7 主要工艺设备的工艺规格书 …… 5

1.1.8 自动控制和仪表 …… 5

1.1.9 管道设计 …… 5

1.1.10 电气设计 …… 5

1.1.11 泄放阀和安全阀 …… 5

1.1.12 分析手册 …… 5

1.1.13 工艺操作手册 …… 5

1.2 PIO设计需要的资料 …… 5

2 管道及仪表流程图的设计过程 …… 9

2.1 管道及仪表流程图A版（初步条件版） …… 9

2.2 管道及仪表流程图B版（内部审核版） …… 9

2.3 管道及仪表流程图C版（用户批准版） …… 10

2.4 管道及仪表流程图0版（设计版） …… 10

2.5 管道及仪表流程图1版（详细设计1版） …… 10

2.6 管道及仪表流程图2版（详细设计2版） …… 10

2.7 管道及仪表流程图3版（施工版） …… 10

3 管道及仪表流程图的管道编号 …… 10

3.1 管道编号 …… 11

3.1.1 需要编号的管道 …… 11

3.1.2 不需要编号的管道 …… 11

3.1.3 管道号的组成 …… 11

3.2 管道编号的标注规则 …… 11

3.2.1 一般要求 …… 11

3.2.2 标注规则 …… 11

3.3 管道特性表 …… 12

3.3.1 管道特性表填写方法 …… 12

3.3.2 管道特性表内容说明 …… 12

4 管道及仪表流程图校审提纲 …… 12

5 设计压力和设计温度 …… 19

5.1 设计压力 …… 19

5.1.1 术语说明 …… 19

5.1.2 设计规范 …… 20

5.1.3 设备设计压力的确定原则 …… 20

5.1.4 各类系统中设备最高压力的确定 …… 20

5.1.5 管道设计压力的选取 …… 22

5.2 设计温度 …… 22

5.2.1 设备设计温度的确定 …… 22

5.2.2 管道设计温度的确定 …… 23

第23章 管道及仪表流程图基本单元典型设计 …… 24

1 泵的管道仪表及流程图设计 …… 24

1.1 离心泵的典型设计 …… 24

1.2 往复泵的典型设计 …… 25

2 容器的管道及仪表流程图设计 …… 25

3 塔设备的管道及仪表流程图设计 …… 27

3.1 蒸馏塔的典型设计 …… 27

3.2 再沸器的典型设计 …… 27

3.3 冷凝器和回流罐的典型设计 …… 27

4 储罐的管道及仪表流程图设计 …… 31

5 换热器的管道及仪表流程图设计 …… 31

6 空冷器的管道及仪表流程图设计 …… 32

7 加热炉的管道及仪表流程图设计 …… 33

8 压缩机的管道及仪表流程图设计 …… 33

9 除尘分离设备的管道及仪表流程图设计 …… 35

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

9.1 袋式过滤器除尘系统的典型设计 …… 35
9.2 洗涤塔除尘系统 …… 35
10 其他 …… 37
10.1 管道分界 …… 37
10.2 控制阀组 …… 37
10.3 两相流管道 …… 37
10.4 锁与铅封 …… 37
10.5 保温 …… 37
10.6 伴热 …… 37
10.7 夹套管 …… 37
10.8 取样 …… 38
参考文献 …… 40
第24章 公用工程分配系统和辅助系统设计 …… 41
1 工业水系统 …… 41
2 冷却水系统 …… 41
3 蒸汽和蒸汽冷凝水系统 …… 41
3.1 蒸汽系统 …… 41
3.2 蒸汽冷凝水系统 …… 42
4 锅炉给水系统 …… 42
5 工业和仪表用压缩空气系统 …… 42
6 燃料气系统 …… 42
7 燃料油系统 …… 42
8 惰性气体系统 …… 43
9 火炬排放系统 …… 43
10 安全阀 …… 43
10.1 安全阀的选型 …… 43
10.2 主要名词术语 …… 44
10.3 安全阀的管道设计 …… 44
10.4 安全阀排放量的计算 …… 44
10.4.1 超压原因 …… 44
10.4.2 超压来源 …… 44
10.4.3 单个安全阀排放量确定 …… 45
11 化学品注入系统 …… 48
12 含油污水排放系统 …… 48
13 物料排净系统 …… 48
14 冷冻系统 …… 48
15 典型的系统设计图 …… 49
参考文献 …… 49
第25章 管道流体力学计算和绝热设计 …… 55
1 管道流体力学计算 …… 55
1.1 工艺管道设计原则 …… 55
1.1.1 经济管径 …… 55
1.1.2 压力降要求 …… 55
1.1.3 工艺控制要求 …… 56
1.1.4 限制管壁磨损 …… 56
1.1.5 满足介质安全输送的规定 …… 56
1.1.6 满足噪声控制要求 …… 57
1.1.7 符合管材的标准规格 …… 57
1.2 流体流动的伯努利方程 …… 57
1.3 管道的流体力学计算方法 …… 59
1.4 初步管径计算 …… 60
1.5 管道压力降计算 …… 62
1.5.1 流体阻力的分类 …… 62
1.5.2 单相流（不可压缩流体）管道的压力降计算 …… 68
1.5.3 单相流（可压缩流体）管道的压力降计算 …… 70
1.5.4 气液两相流（非闪蒸型）管道的压力降计算 …… 71
1.5.5 气液两相流（闪蒸型）管道的压力降计算 …… 76
1.5.6 真空系统 …… 76
1.6 管道流体力学计算的计算机应用 …… 79
2 设备和管道绝热设计 …… 79
2.1 绝热的功能和应用范围 …… 79
2.1.1 绝热的功能 …… 79
2.1.2 绝热的应用范围 …… 79
2.2 绝热材料的性能和种类 …… 79
2.2.1 基本性能和选用要求 …… 79
2.2.2 常用绝热材料的性能 …… 80
2.3 绝热计算 …… 80
2.3.1 保温计算数据的选取 …… 80
2.3.2 圆形管道和设备的保温计算 …… 83
2.3.3 蒸汽伴管加热和保温计算 …… 90
2.3.4 非圆形管道和设备的保温计算 …… 91
2.3.5 绝热计算实例 …… 91
2.4 绝热结构设计 …… 94
2.4.1 绝热结构的设计要求 …… 94
2.4.2 绝热结构的种类 …… 94
2.4.3 绝热结构设计的规定和要求 …… 95
2.4.4 绝热层结构施工图例 …… 97
2.5 保温材料用量计算 …… 105
2.5.1 圆形设备筒体部分的用量计算 … 105
2.5.2 圆形设备封头部分的用量计算 … 105
2.5.3 管道保温材料工程用量和辅助材料工程用量 …… 105
2.6 相关标准 …… 115
参考文献 …… 125

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第26章 管道布置和设计 …… 129

1 管道设计基础 …… 129
1.1 压力管道定义 …… 129
1.2 压力管道设计类别、级别的划分 …… 129
1.3 压力管道检验 …… 130
1.4 常用标准规范 …… 130
1.5 特殊说明 …… 132
1.6 钢管壁厚 …… 132
1.6.1 钢管壁厚表示方法 …… 132
1.6.2 常用公称压力下管道壁厚选用 …… 132
1.7 阀门型式选用 …… 134
1.8 法兰型式选用 …… 136
1.9 垫片型式选用 …… 136
1.10 紧固件型式选用 …… 137
1.11 法兰、垫片、紧固件选配 …… 138
1.12 常用管道的类型、选材和用途 …… 142
1.13 弯管最小弯曲半径 …… 144
1.14 热力管道地沟的敷设尺寸 …… 144
1.15 管道连接 …… 144
1.16 管径当量换算 …… 145
1.17 埋地管道 …… 147
1.18 管道刷油面积计算 …… 147
1.19 管道系统试验 …… 148
1.20 管道留孔 …… 148
1.21 管道坡度 …… 148
1.22 管道间距 …… 148
1.23 管架跨距 …… 148
1.24 地漏的安装尺寸 …… 157
1.25 车间排水 …… 159
1.26 支管上卫生设备配置数量 …… 159
1.27 环焊缝间距 …… 159
2 装置（车间）内管道设计的依据和要求 …… 159
2.1 设计依据 …… 159
2.2 基本要求 …… 159
3 装置（车间）内管道设计的分区原则和绘制方法 …… 159
4 管道设计的一般原则 …… 160
5 主管设计 …… 160
6 管道布置图的绘制 …… 161
6.1 一般规定 …… 161
6.2 设计规定 …… 161
6.3 管道平立面布置图的绘制方法 …… 162
6.4 单元配管设计 …… 164
6.4.1 塔的配管设计 …… 164
6.4.2 立式容器的配管设计 …… 164
6.4.3 泵的配管设计 …… 165
6.4.4 冷换设备的配管设计 …… 166
6.4.5 压缩机的配管设计 …… 168
6.4.6 蒸汽轮机的配管设计 …… 168
6.4.7 排放管的设计 …… 168
6.4.8 取样管的设计 …… 169
6.4.9 双阀的设计 …… 169
6.4.10 一次仪表的安装和配管设计 …… 169
6.4.11 防静电设计 …… 173
6.5 公用工程管道的设计 …… 174
6.5.1 蒸汽管道 …… 174
6.5.2 上下水管道 …… 175
6.5.3 压缩空气管道 …… 175
6.6 洁净厂房的管道设计 …… 175
6.6.1 设计规定 …… 175
6.6.2 管道和管件材料规定 …… 175
6.7 管道轴测图 …… 176
6.7.1 图面表示 …… 176
6.7.2 尺寸和方位的标注 …… 176
6.7.3 装配用的特殊标记 …… 177
6.7.4 隔热（隔音）分界 …… 178
6.7.5 轴测图上材料表填写要求 …… 178
7 管道支吊架的编号和表示方法 …… 179
7.1 管道支吊架的编号 …… 179
7.2 管道支吊架在管道布置图中的表示方法 …… 179
7.3 管道支吊架的定位 …… 179
8 管道等级号和管道材料等级表 …… 179
8.1 管道等级号说明 …… 179
8.2 选用原则 …… 179
9 配管图的校核 …… 179
9.1 图面的校核 …… 179
9.2 配管图与各专业设计条件的校核 …… 179
9.2.1 与土建专业建筑图、结构图的校核 …… 179
9.2.2 与工艺配管图的校核 …… 180
9.2.3 与设备安装图的校核 …… 180
9.2.4 与仪表专业的校核 …… 180
9.2.5 与暖风专业的校核 …… 180
9.2.6 与电力专业的校核 …… 180
9.2.7 与给排水专业的校核 …… 180
10 模型设计 …… 181
10.1 工程模型设计 …… 181
10.1.1 总图布置模型 …… 181
10.1.2 装置（车间）设备布置模型 …… 181

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

10.1.3 装置（车间）配管布置模型 …… 181
10.2 装置（车间）配管布置模型设计的功能 …… 181
10.2.1 在设计过程中的功能 …… 181
10.2.2 在设计校审过程中的功能 …… 181
10.2.3 在施工和生产培训中的功能 …… 181
10.3 装置（车间）配管布置模型设计的应用范围 …… 182
10.4 装置（车间）配管布置模型设计和制作 …… 182
10.4.1 模型比例的选择 …… 182
10.4.2 模型制作的分块分层原则 …… 182
10.4.3 模型制作材料的选用 …… 182
10.4.4 装置（车间）配管布置模型设计制作的深度 …… 182
10.5 标准系列模型元件 …… 184
10.5.1 标准系列模型元件的材料及性能 …… 184
10.5.2 标准系列模型元件的组装方式 …… 184
10.6 模型成品的运输和保管 …… 184
10.6.1 模型成品包装运输的基本要求 …… 185
10.6.2 模型的存放保管 …… 185
11 计算机配管设计 …… 185
11.1 计算机配管设计软件的功能和应用 …… 185
11.1.1 配管设计软件的功能 …… 185
11.1.2 工程项目中配管设计人员的组织 …… 186
11.1.3 配管专业应用 CAD 技术的效果 …… 187
11.1.4 计算机配管设计主要软件 …… 187
11.2 三维模型设计 …… 187

第 27 章 金属管道和管件 …… 190

1 金属管 …… 190
1.1 钢管的外径和壁厚系列 …… 190
1.2 钢管的技术参数 …… 194
1.3 管螺纹 …… 200
1.4 钢管 …… 201
1.4.1 无缝钢管 …… 201
1.4.2 焊接钢管 …… 209
1.5 许用应力和焊缝系数 …… 214
1.6 使用限制 …… 216
1.7 铝和铝合金管 …… 217
1.7.1 挤压无缝圆管 …… 217
1.7.2 拉（轧）无缝圆管 …… 217
1.7.3 焊接圆管 …… 217
1.7.4 化学成分 …… 217
1.8 钛和钛合金管 …… 218
1.9 铜和铜合金管 …… 220
1.9.1 铜和铜合金拉制管 …… 220
1.9.2 铜和铜合金挤制管 …… 221
1.10 铅和铅合金管 …… 221
1.11 金属管常用规格、材料及适用温度 …… 223
2 标准管件 …… 223
2.1 可锻铸铁管件 …… 223
2.2 对焊管件 …… 223
2.2.1 弯头 …… 223
2.2.2 异径管 …… 227
2.2.3 等径三通、异径三通尺寸系列 …… 231
2.2.4 管帽 …… 231
2.2.5 对焊管件形位偏差 …… 234
2.3 翻边短节 …… 235
2.4 管法兰 …… 235
2.4.1 欧洲体系管法兰 …… 235
2.4.2 美洲体系管法兰 …… 240
2.4.3 法兰材料和标准 …… 251
2.4.4 法兰压力-温度等级 …… 252
2.5 螺纹、承插焊及其他管件 …… 261
2.5.1 螺纹管件 …… 261
2.5.2 承插焊管件 …… 264
2.5.3 其他管件 …… 268
2.6 垫片 …… 277
2.6.1 欧洲体系垫片 …… 277
2.6.2 美洲体系垫片 …… 277
2.7 紧固件 …… 278
2.7.1 欧洲体系紧固件 …… 278
2.7.2 美洲体系紧固件 …… 278
3 管道附件 …… 278
3.1 过滤器 …… 278
3.1.1 过滤器选用原则 …… 278
3.1.2 过滤器常用标准和主要技术参数 …… 278
3.1.3 过滤器的结构型式和特性 …… 278
3.2 阻火器 …… 278
3.2.1 阻火器的选用原则 …… 278
3.2.2 阻火器主要技术参数 …… 278
3.2.3 阻火器结构长度 …… 281
3.3 视镜 …… 282
3.4 喷嘴 …… 284
3.5 软管 …… 284
3.5.1 金属软管 …… 284
3.5.2 非金属软管 …… 287
3.6 快速接头 …… 288

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.7 取样冷却器 …… 290
3.8 冲洗式液（气）体取样阀 …… 291
3.9 排液放空闸阀 …… 292
3.10 呼吸阀、阻火呼吸阀 …… 293
3.11 静态混合器 …… 295
3.12 SQS 系列汽水混合器 …… 297
3.13 疏水阀 …… 298
3.13.1 疏水阀的选用原则 …… 298
3.13.2 疏水阀的类型和工作原理 …… 299
3.13.3 疏水阀的主要特征 …… 299
4 阀门 …… 301
4.1 常用阀门的选用说明 …… 301
4.2 阀门结构长度 …… 301
4.2.1 结构长度基本系列 …… 303
4.2.2 同型系列闸阀结构长度 …… 303
4.2.3 等压系列结构长度 …… 303
4.3 阀门材料 …… 306
4.4 压力-温度等级 …… 306
4.5 阀门压力试验 …… 316

第 28 章 非金属管道和管件 …… 317

1 非金属管道 …… 317
1.1 纤维缠绕增强热固性树脂压力（RTRP-FW）管 …… 317
1.1.1 承插胶粘直管、对接直管和 O 形环承插连接直管 …… 317
1.1.2 玻璃钢管和管件 …… 317
1.2 增强聚丙烯管 …… 319
1.2.1 直管 …… 319
1.2.2 管件 …… 319
1.3 玻璃钢增强聚丙烯（FRP/PP）复合管 …… 325
1.3.1 承插式直管、法兰式直管 …… 325
1.3.2 管件 …… 326
1.4 玻璃钢增强硬聚氯乙烯（FRP/PVC）复合管 …… 327
1.4.1 直管 …… 327
1.4.2 复合平焊法兰 …… 327
1.5 塑料衬里复合管 …… 328
1.5.1 直管 …… 328
1.5.2 管件 …… 328
1.6 钢衬聚四氟乙烯（CS/PTFE）推压管 …… 331
1.6.1 法兰式直管 …… 331
1.6.2 管件 …… 331
1.7 钢滚衬聚乙烯管 …… 332
1.7.1 法兰式直管 …… 332
1.7.2 管件 …… 333
1.8 化工用硬聚氯乙烯管材 …… 333
1.9 高密度聚乙烯管 …… 335
1.9.1 高密度聚乙烯直管 …… 335
1.9.2 高密度聚乙烯管件 …… 336
1.10 无规聚丙烯（PPR）管 …… 344
1.10.1 无规聚丙烯直管 …… 344
1.10.2 无规聚丙烯管件 …… 345
1.11 其他 …… 346
1.11.1 钢骨架高分子聚合物复合软管 …… 346
1.11.2 网孔钢管骨架增强复合塑料管 …… 347
1.11.3 聚四氟乙烯波纹软管 …… 347
1.11.4 聚四氟乙烯膨胀节 …… 347
2 非金属阀门 …… 348
2.1 球阀 …… 348
2.2 隔膜阀 …… 349
2.3 截止阀 …… 349
2.4 衬氟塑料旋塞阀 …… 349
2.5 止回阀 …… 349
2.6 蝶阀 …… 351
2.6.1 衬氟塑料蝶阀 …… 351
2.6.2 增强聚丙烯（FRPP）蝶阀 …… 356

第 29 章 管系应力分析 …… 357

1 管系上作用的荷载及其分类 …… 357
2 管系应力分析的内容 …… 357
2.1 静力分析 …… 357
2.2 动力分析 …… 358
3 管道应力分析的目的 …… 358
4 管系应力分析方法 …… 358
4.1 应力计算基础 …… 358
4.1.1 热膨胀量计算 …… 358
4.1.2 补偿值计算 …… 359
4.1.3 应力计算 …… 359
4.2 管系应力分析方法 …… 359
4.3 管系应力分析方法的选择 …… 371
5 管系安全性的评定 …… 371
5.1 管系内应力的评定 …… 371
5.2 设备管口荷载的评定 …… 372
6 管系应力分析的调整 …… 377
6.1 调整支吊架 …… 377
6.2 增加自然补偿 …… 377
6.3 增设柔性补偿装置 …… 377
6.4 冷紧 …… 378
7 其他 …… 378
7.1 金属直管的壁厚确定 …… 378
7.2 管道跨距 …… 378
参考文献 …… 379

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第5篇 相关专业设计和设备选型

第30章 自动控制 …… 383

1 工业自动化仪表的文字代号和图形符号 …… 383
1.1 字母代号 …… 383
1.2 被测变量和仪表功能字母组合示例 … 385
1.3 仪表及其安装位置的图形符号 …… 386
1.4 逻辑功能块图例符号 …… 387
1.5 控制、运算功能块图例符号 …… 388
1.6 仪表连接线符号 …… 392
1.7 分散控制/计算机用图例符号 …… 392
1.7.1 分散控制/集中显示符号 …… 392
1.7.2 计算机符号 …… 392
1.7.3 逻辑和顺序控制符号 …… 392
1.7.4 内部系统功能符号 …… 393
1.7.5 标识符 …… 393
1.8 应用举例及典型流程图 …… 393
1.8.1 应用举例 …… 393
1.8.2 典型流程图 …… 395
2 DCS/SIS/PLC 控制系统的工程设计 …… 396
2.1 DCS/SIS/PLC 工程项目的执行步骤 …… 396
2.2 系统工程设计的执行步骤 …… 398
2.2.1 项目人员配备 …… 398
2.2.2 软件设计 …… 398
2.2.3 软件生成 …… 402
2.2.4 硬件设计及选定 …… 402
2.2.5 网络结构选定 …… 406
3 安全仪表系统 …… 408
4 控制系统 …… 409
4.1 串级控制系统 …… 409
4.1.1 原理 …… 409
4.1.2 工程设计应考虑的问题 …… 410
4.2 均匀控制系统 …… 410
4.3 比值控制系统 …… 411
4.3.1 控制原理 …… 411
4.3.2 工程设计应考虑的问题 …… 412
4.4 分程控制系统 …… 412
4.4.1 控制原理 …… 412
4.4.2 工程设计应考虑的问题 …… 412
4.5 选择性（超驰）控制系统 …… 413
4.5.1 控制原理 …… 413
4.5.2 工程设计应考虑的问题 …… 413
4.6 前馈控制系统 …… 414
4.6.1 控制原理 …… 414
4.6.2 工程设计应考虑的问题 …… 415
5 典型化工单元的控制 …… 415
5.1 泵及压缩机的控制 …… 415
5.1.1 离心泵的控制 …… 415
5.1.2 容积式泵的控制 …… 415
5.1.3 压缩机的喘振控制 …… 416
5.2 传热设备的控制 …… 421
5.2.1 一般传热设备的控制 …… 421
5.2.2 复杂控制系统 …… 422
5.3 乙烯裂解炉的控制 …… 423
5.3.1 简单乙烯裂解炉控制方案 …… 423
5.3.2 复杂乙烯裂解炉控制方案 …… 425
5.4 精馏塔的控制 …… 427
5.4.1 精馏塔的常规控制 …… 427
5.4.2 精馏塔的压力控制系统 …… 430
5.4.3 精馏塔的复杂控制系统 …… 431
6 调节阀的选用要点 …… 432
6.1 调节阀的作用 …… 432
6.2 调节阀的分类 …… 432
6.3 调节阀的附件 …… 433
6.4 调节阀的固有流量特性 …… 434
6.5 调节阀的泄漏等级 …… 434
6.6 气开和气关 …… 435
6.7 液体流量系数计算 …… 435
6.8 气体和蒸汽流量系数计算 …… 436
6.9 调节阀推荐流速 …… 436
6.10 调节阀口径的选择 …… 437
6.11 调节阀的手轮和阀组 …… 437
6.12 调节阀的噪声 …… 437
6.13 调节阀的气源要求 …… 438
6.14 调节阀的安装 …… 438
7 现场总线 …… 439
7.1 现场总线控制系统（FCS）与集散控制系统（DCS） …… 439
7.2 现场总线主要特点 …… 440
7.3 FF H1 现场总线设计要点 …… 440
参考文献 …… 441

第31章 采暖通风和空气调节 …… 442

1 采暖 …… 442
1.1 建筑物耗热量计算 …… 442
1.1.1 围护结构的热阻和最大传热系数 …… 442
1.1.2 围护结构热工性能节能限值 …… 443
1.1.3 基本耗热量计算 …… 445

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.1.4 附加耗热量计算 …… 448
1.1.5 由外部送入厂房的冷料和运输工具的吸热量计算 …… 449
1.1.6 通风耗热量计算 …… 449
1.1.7 建筑物耗热量估算法 …… 449
1.2 采暖系统的选择和计算 …… 450
1.2.1 一般原则 …… 450
1.2.2 散热器的选择和计算 …… 450
1.2.3 采暖系统的基本形式 …… 453
1.2.4 采暖管道设计原则和管径计算 … 454
1.2.5 防火防爆要求 …… 461
2 通风与除尘 …… 462
2.1 工艺生产设备散热、散湿及有害气体散发量计算 …… 462
2.1.1 散热量计算 …… 462
2.1.2 散湿量计算 …… 464
2.1.3 有害气体散发量计算 …… 464
2.2 自然通风 …… 465
2.2.1 自然通风的设计原则 …… 465
2.2.2 自然通风的计算 …… 466
2.3 机械通风 …… 467
2.3.1 局部通风 …… 467
2.3.2 全面通风 …… 470
2.3.3 有害气体的高空排放 …… 471
2.3.4 防火与防爆 …… 472
2.3.5 防烟与排烟 …… 475
2.3.6 通风管道和通风机 …… 476
2.4 除尘 …… 480
2.4.1 防尘密闭罩排风量的确定 …… 481
2.4.2 除尘风管 …… 482
2.4.3 除尘设备 …… 482
3 空气调节 …… 484
3.1 空气设计参数 …… 484
3.1.1 室内空气设计参数 …… 484
3.1.2 室外空气设计参数 …… 486
3.2 建筑布置和热工要求 …… 486
3.3 室内热湿负荷计算 …… 489
3.3.1 通过围护结构传入室内的热量 … 489
3.3.2 透过外窗的太阳辐射热形成的逐时冷负荷 …… 490
3.3.3 新风带入的负荷 …… 493
3.3.4 系统负荷 …… 493
3.3.5 空调负荷的估算指标 …… 494
3.4 空调系统设计 …… 495
3.4.1 全空气空调系统 …… 495
3.4.2 风机盘管系统 …… 496
3.4.3 空调系统风速、消声和保温 …… 497
3.5 水管系统设计 …… 498
3.5.1 开式系统和闭式系统 …… 498
3.5.2 定水量系统和变水量系统 …… 498
3.5.3 单式水泵供水系统和复式水泵供水系统 …… 498
3.5.4 同程式回水系统和异程式回水系统 …… 498
3.5.5 水管系统的设计计算 …… 499
3.6 风量计算和气流组织 …… 500
3.6.1 空调房间送风量计算 …… 500
3.6.2 空调房间新风量计算 …… 501
3.6.3 气流组织方式和适用范围 …… 501
3.7 空气处理 …… 503
3.7.1 表面式换热器 …… 503
3.7.2 表面式换热器的计算方法 …… 505
3.8 空气调节系统的冷热源设计 …… 506
3.8.1 空气调节系统的冷热源选用原则 …… 506
3.8.2 电动压缩式冷水机组 …… 506
3.8.3 热泵 …… 506
4 空气净化 …… 507
4.1 一般原则 …… 507
4.1.1 空气洁净度等级的确定 …… 507
4.1.2 净化空气调节系统设置原则 …… 508
4.1.3 洁净室内的温度和湿度 …… 508
4.1.4 洁净室内的噪声控制 …… 508
4.1.5 洁净室内的新鲜空气量 …… 508
4.2 洁净室设计的综合要求 …… 508
4.3 洁净室正压控制 …… 509
4.4 气流组织和送风量 …… 510
4.5 空气净化处理 …… 512
4.6 空气净化系统的基本形式 …… 513
4.7 洁净室采暖通风系统 …… 514
4.8 空气净化设备 …… 514
4.8.1 空气过滤器 …… 514
4.8.2 洁净工作台 …… 517
4.8.3 层流罩 …… 518
4.8.4 自净器 …… 518
4.8.5 FFU 风机过滤装置 …… 519
4.8.6 净化空调柜机 …… 519
4.8.7 空气吹淋室 …… 520
4.9 风管和附件 …… 520
参考文献 …… 521

第 32 章 制剂生产常用设备 …… 522

1 小容量液体注射剂生产设备 …… 522
1.1 安瓿注射剂生产设备 …… 522
1.1.1 安瓿洗烘灌封联动机组 …… 522
1.1.2 安瓿超声波洗瓶机 …… 523
1.1.3 安瓿隧道灭菌干燥机 …… 523
1.1.4 安瓿灌装封口机 …… 523

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2 西林瓶注射剂生产设备 …… 526
1.2.1 西林瓶洗烘灌塞联动机组 …… 526
1.2.2 立式超声波洗瓶机 …… 526
1.2.3 西林瓶灭菌干燥机 …… 526
1.2.4 西林瓶灌装加塞机 …… 526
1.3 西林瓶粉针生产设备 …… 527
1.3.1 自动理瓶机 …… 527
1.3.2 西林瓶超声波洗瓶机 …… 527
1.3.3 隧道式层流灭菌干燥机 …… 527
1.3.4 西林瓶螺杆分装机 …… 528
1.3.5 西林瓶轧盖机 …… 529
1.3.6 西林瓶自动印字贴标机 …… 529
1.3.7 西林瓶液体灌装加塞机 …… 529
2 小容量口服液体制剂生产设备 …… 531
2.1 口服液洗烘灌轧联动机组 …… 531
2.2 立式超声波清洗机 …… 532
2.3 远红外杀菌干燥机 …… 532
2.4 口服液灌轧机 …… 532
3 大容量液体注射剂生产设备 …… 533
3.1 玻璃瓶输液生产设备 …… 533
3.1.1 设备构成 …… 533
3.1.2 主要技术参数 …… 533
3.1.3 联动线性能特点 …… 533
3.1.4 各单机性能特点 …… 533
3.1.5 联动线产品质量与 GMP 验证通过性 …… 534
3.2 塑料瓶输液生产设备 …… 534
3.2.1 ETMK-360 型注塑机 …… 535
3.2.2 CPS-8 型吹瓶机 …… 535
3.2.3 QCJ32（18）型塑料瓶清洗机 …… 536
3.2.4 SGF18/32（12/18）型塑料瓶大输液灌封机 …… 536
3.2.5 DSM500 型全自动热收缩包装机 …… 537
3.3 非 PVC 膜软袋输液生产设备 …… 537
3.3.1 DSY 型非 PVC 膜软袋输液生产线 …… 537
3.3.2 DXD450 型自动枕式包装机 …… 538
4 注射用水制备设备 …… 538
4.1 多效蒸馏水机 …… 538
4.2 纯蒸汽发生器 …… 538
4.3 注射用水储罐 …… 540
5 液体制剂配料系统 …… 542
5.1 配料罐 …… 542
5.1.1 PXB 型配料罐 …… 542
5.1.2 PTJ 型配料罐 …… 542
5.2 过滤器 …… 544
5.2.1 金属棒微孔过滤器 …… 544
5.2.2 微孔膜筒过滤器 …… 544
5.3 输送系统 …… 546
6 口服固体制剂生产设备 …… 546
6.1 粉碎过筛设备 …… 546
6.1.1 FG-300 高效粉碎机 …… 546
6.1.2 ZS 系列振荡筛 …… 546
6.1.3 FZ 系列粉碎整粒机 …… 547
6.2 制粒设备 …… 547
6.2.1 湿法制粒机 …… 547
6.2.2 GK-70 型干式制粒机 …… 547
6.3 干燥设备 …… 548
6.3.1 CT-C 系列热风循环烘箱 …… 548
6.3.2 JCT-C 系列药品专用烘箱 …… 548
6.3.3 FL 型沸腾制粒干燥机 …… 549
6.3.4 LPG 系列高速离心喷雾干燥机 …… 550
6.3.5 XF 系列沸腾干燥器 …… 551
6.3.6 BZJ-1000FⅡ型包衣造粒机 …… 551
6.3.7 HBZ-1000 型缓控释微粒制造和包衣设备 …… 553
6.3.8 PGL-B 系列喷雾干燥制粒机 …… 553
6.3.9 GFG 系列高效沸腾干燥机 …… 553
6.4 整粒机和总混设备 …… 554
6.4.1 整粒机 …… 554
6.4.2 JSH-B 型多向运动混合机 …… 554
6.4.3 HZD 系列自动提升料斗混合机 …… 555
6.4.4 料斗清洗机 …… 556
6.4.5 YZH 系列圆锥形混合机 …… 556
6.5 BGB 系列高效包衣机 …… 557
6.6 压片机和胶囊充填机 …… 558
6.6.1 普通压片机 …… 558
6.6.2 GZPL 系列高速压片机 …… 560
6.6.3 NJP 系列全自动胶囊充填机 …… 560
6.6.4 药用金属检测机 …… 561
6.7 包装机 …… 561
6.7.1 DPP170 平板式铝塑、铝铝泡罩包装机 …… 561
6.7.2 DH120 智能型高速药品包装生产线 …… 561
6.7.3 CM180 全自动装盒机 …… 562
6.7.4 平板式变频调速铝塑包装机 …… 563
6.8 SLX 塑瓶包装生产联动线 …… 563
6.8.1 中速自动理瓶机 …… 563
6.8.2 多通道电子数粒机（24 通道） …… 563
6.8.3 干燥剂自动塞入机 …… 563
6.8.4 高速自动旋盖机 …… 564
6.8.5 晶体管铝箔封口机 …… 564
6.8.6 不干胶自动贴标机 …… 564
6.8.7 可选配置设备 …… 564
6.9 其他包装机 …… 566
6.9.1 DXDK350 自动四封包装机 …… 566

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.9.2 DXDK40Ⅱ（精品）自动颗粒包装机 …… 567
6.9.3 多列自动包装机 …… 567
6.9.4 全自动枕式包装机 …… 567
6.9.5 全自动透明膜三维包装机 …… 568
6.9.6 GSXT 系列粉体颗粒给料系统 …… 568
7 软胶囊设备 …… 569
7.1 水浴式化胶罐 …… 569
7.2 RJNJ-2 型软胶囊机 …… 569
7.3 YGJ-Ⅰ型软胶囊预干机 …… 570
7.4 XWJ-Ⅱ型软胶囊清洗机 …… 570
7.5 LWJ-Ⅰ型履带式全自动干燥机 …… 571
7.6 SLJ-Ⅱ型地面供料机 …… 571
7.7 FJ-Ⅰ型半自动软胶囊检丸机 …… 571
7.8 全自动无缝软胶丸机 …… 572
8 灭菌设备 …… 572
8.1 大输液水浴灭菌器 …… 572
8.2 安瓿水浴灭菌器 …… 572
8.3 PXS 系列旋转式水浴灭菌器 …… 575
8.4 XG1.R 系列软包装快冷灭菌器 …… 575
8.5 大输液快冷灭菌器 …… 577
8.6 安瓿检漏灭菌器 …… 578
8.7 机动门真空灭菌器 …… 578
8.8 EO 系列环氧乙烷灭菌器 …… 579
8.9 隧道微波灭菌器 …… 579
8.10 臭氧灭菌器 …… 581
9 全自动胶塞清洗机 …… 583
10 冻干机 …… 583

第 33 章 天然药物生产设备 …… 590

1 前处理设备 …… 590
1.1 洗药机 …… 590
1.2 浸润罐 …… 590
1.3 炒药机 …… 592
1.4 切药机 …… 592
1.5 粉碎机 …… 592
1.6 气流粉碎机 …… 594
2 提取设备 …… 596
2.1 提取设备 …… 597
2.2 浓缩设备 …… 599
2.3 沉淀罐 …… 602
2.4 超临界萃取设备 …… 602
2.5 干燥设备 …… 605
3 制剂专用设备 …… 608
3.1 制丸机 …… 608
3.2 滴丸机 …… 609
3.3 颗粒包装机 …… 609

第 34 章 电动机和照明 …… 610

1 Y 系列交流异步电动机 …… 610
1.1 安装结构型式 …… 610
1.2 技术数据 …… 611
1.3 安装和外形尺寸 …… 613
1.4 订货说明 …… 618
2 YB 系列防爆三相交流异步电动机 …… 618
2.1 YB 系列防爆电动机的选用要求 …… 618
2.2 安装结构型式 …… 618
2.3 端子接线盒 …… 619
2.4 技术数据 …… 619
2.5 安装和外形尺寸 …… 621
2.6 订货说明 …… 625
3 YA 系列增安型三相异步电动机 …… 625
3.1 技术数据 …… 625
3.2 安装结构型式 …… 628
3.3 安装和外形尺寸 …… 628
3.4 订货说明 …… 628
4 电动机的调速 …… 632
4.1 交流异步电动机的调速 …… 632
4.2 直流电动机的调速 …… 633
5 照明 …… 633
5.1 照明方式和种类 …… 633
5.2 光源种类 …… 633
5.3 照度标准 …… 633
6 变电所布置的基本要求 …… 634

第 35 章 常用设备系列 …… 635

1 容器系列 …… 635
1.1 容器型式 …… 635
1.2 立式薄壁常压容器 …… 638
1.2.1 平底平盖型、斜底平盖型系列 … 638
1.2.2 平底锥盖型、斜底锥盖型系列 … 639
1.3 钢制立式圆筒形固定顶储罐系列 …… 641
1.3.1 设计参数 …… 641
1.3.2 结构型式 …… 641
1.3.3 基本参数及尺寸 …… 641
1.3.4 型号标记 …… 644
1.4 钢制立式圆筒形内浮顶储罐系列 …… 644
1.4.1 设计参数 …… 644
1.4.2 基本参数及尺寸 …… 644
1.4.3 型号标记 …… 644
1.5 钢制低压湿式气柜 …… 645
1.5.1 设计参数 …… 645
1.5.2 分类 …… 646
1.5.3 主要基本参数的确定 …… 646
1.5.4 气柜选用原则 …… 646
1.5.5 标记 …… 647
1.5.6 结构型式和主要尺寸 …… 647
1.6 玻璃钢储罐标准系列 …… 653
1.6.1 基本参数 …… 653

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.6.2 结构型式 …… 654
1.6.3 标准系列结构及主要尺寸 …… 654
1.7 拼装式玻璃钢储罐标准系列 …… 660
1.7.1 基本参数 …… 666
1.7.2 结构型式 …… 666
2 除尘器 …… 666
2.1 除尘器的种类和选用 …… 666
2.1.1 干式除尘器 …… 666
2.1.2 湿式除尘器 …… 666
2.1.3 除尘器的选用 …… 666
2.2 干式净化设备 …… 666
2.2.1 旋风除尘器 …… 666
2.2.2 脉冲袋式除尘器 …… 671
2.3 湿式净化设备 …… 673
2.3.1 离心水膜除尘器 …… 673
2.3.2 洗浴式除尘器 …… 676
2.4 电除尘器 …… 677
2.4.1 电除尘器的工作原理 …… 677
2.4.2 DCJ 系列静电除焦器 …… 678
2.4.3 玻璃钢静电除雾器 …… 679
3 搪玻璃设备 …… 679
3.1 搪玻璃开式搅拌容器 …… 680
3.2 搪玻璃闭式搅拌容器 …… 686
3.3 搪玻璃开式储存容器 …… 692
3.4 搪玻璃闭式储存容器 …… 694
3.5 搪玻璃卧式储存容器 …… 696
3.6 搪玻璃碟片式冷凝器 …… 697
3.7 搪玻璃套筒式换热器 …… 699
3.8 搪玻璃蒸馏容器 …… 701
3.9 搪玻璃塔节 …… 704
3.10 小型搪玻璃反应罐 …… 705
3.11 搪玻璃列管式换热器 …… 705
3.12 搪玻璃双锥形回转式真空干燥机 …… 706
3.13 搪玻璃 VD 型振动流动真空干燥机 … 707
3.14 自动启闭搪玻璃过滤器 …… 707
3.15 搪玻璃过滤器 …… 708
3.16 搪玻璃水喷射泵 …… 709
3.17 搪玻璃液面计 …… 710
4 设备设计用计算机软件 …… 710
4.1 SW6-1998 过程设备强度计算软件包 …… 710
4.1.1 软件包的内容和编制依据 …… 711
4.1.2 软件包的主要功能和特点 …… 711
4.2 PVCAD V3 化工设备 CAD 施工图软件包 …… 711
4.2.1 软件包的内容 …… 711
4.2.2 软件包的功能和特点 …… 712
4.3 PVDS-V3.0 压力容器设计技术条件专家系统 …… 712
4.3.1 软件包的内容和编制依据 …… 712
4.3.2 软件包的功能和特点 …… 712
4.4 过程设备工程图软件 …… 713
4.4.1 软件包的内容和编制依据 …… 713
4.4.2 软件包的功能和特点 …… 713
4.5 VAS2.0 压力容器有限元分析软件 …… 713
4.5.1 软件包的编制依据 …… 713
4.5.2 软件包的功能和特点 …… 713
5 塔附件及其他 …… 713
5.1 泡罩、浮阀、填料、丝网除沫器和吊柱 …… 713
5.1.1 圆泡罩 …… 713
5.1.2 阀及浮阀塔盘 …… 715
5.1.3 填料 …… 724
5.1.4 丝网除沫器 …… 732
5.1.5 气液分布器 …… 744
5.1.6 塔顶吊柱 …… 752
5.2 钢瓶 …… 753
5.2.1 钢质无缝气瓶 …… 753
5.2.2 钢质焊接气瓶 …… 753
5.2.3 铝合金无缝气瓶 …… 753
5.2.4 液化石油气钢瓶 …… 756
6 换热器系列 …… 758
6.1 固定管板式换热器 …… 758
6.1.1 基本参数 …… 758
6.1.2 结构型式 …… 762
6.2 立式热虹吸式重沸器 …… 763
6.2.1 基本参数 …… 763
6.2.2 结构型式 …… 764
6.3 浮头式换热器、冷凝器 …… 764
6.3.1 基本参数 …… 764
6.3.2 结构型式 …… 764
6.4 U 形管式换热器 …… 769
6.4.1 基本参数 …… 769
6.4.2 结构型式 …… 770
6.5 钢制固定式薄管板列管换热器 …… 770
6.5.1 设计参数 …… 770
6.5.2 主要材料 …… 770
6.5.3 参数组合 …… 770
6.5.4 结构型式 …… 771
6.5.5 安装型式 …… 772
6.5.6 允许壁温差 …… 772
6.5.7 型号标记 …… 777
6.6 板式换热器 …… 777
6.6.1 基本参数 …… 777
6.6.2 分类和结构型式 …… 777
6.6.3 型号标记 …… 779
6.6.4 板片和垫片主要材料 …… 779
6.7 螺旋板式换热器 …… 779
6.7.1 基本参数 …… 779

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.7.2 结构型式和主要参数 …… 780
6.7.3 参数计算 …… 780
6.8 空冷式换热器 …… 783
6.8.1 基本参数 …… 783
6.8.2 结构型式 …… 793
6.8.3 安装尺寸 …… 806
6.8.4 型号标记 …… 806
6.9 石墨换热器 …… 808
6.9.1 浮头列管式石墨换热器 …… 808
6.9.2 YKA 型圆块孔式石墨换热器 …… 810
6.9.3 矩形块孔石墨换热器 …… 810
6.9.4 管壳式石墨降膜吸收器 …… 818
7 设备选材基本原则 …… 818
7.1 材料选择主要考虑因素 …… 818
7.1.1 介质 …… 818
7.1.2 温度 …… 820
7.1.3 压力 …… 820
7.1.4 流体速度 …… 820
7.1.5 材料的相容性 …… 820
7.1.6 按介质选材料 …… 820
7.2 材料的性能及使用 …… 822

第36章 化验楼设计和仪器设备 …… 826

1 化验楼 …… 826
1.1 化验楼的总体要求 …… 826
1.1.1 化验楼的设计理念 …… 826
1.1.2 分析过程的确定 …… 826
1.1.3 取样系统的设计 …… 826
1.2 化验楼的主要组成 …… 826
1.2.1 中央化验室 …… 826
1.2.2 车间分析室 …… 826
1.3 化验楼的布置 …… 826
1.3.1 实验台的布置 …… 826
1.3.2 通风柜、药品柜、水斗的布置 … 827
1.3.3 化验室家具和门窗布置 …… 827
1.4 仪器室的一般要求 …… 827
1.4.1 微量天平室 …… 827
1.4.2 光谱分析室 …… 827
1.4.3 极谱分析室 …… 827
1.5 化验楼的公用设施 …… 827
1.5.1 建筑使用面积和定员 …… 827
1.5.2 采暖空调通风系统 …… 827
1.5.3 给排水系统 …… 828
1.5.4 动力和照明系统 …… 828
1.5.5 电信系统 …… 828
1.6 IT 网络系统 …… 828
1.7 化验楼管线的综合布置 …… 828
2 化验楼分析仪器设备 …… 829
3 化验楼配套设备和家具 …… 834
4 医药和生物实验楼仪器设备 …… 843
5 化验楼工程设计的发展趋势 …… 846
6 工程设计标准规范 …… 846

第37章 科学实验建筑 …… 847

1 概述 …… 847
1.1 术语 …… 847
1.2 科学实验建筑设计的发展趋势 …… 847
1.2.1 根据使用需求（URS，User Requirements Specification）进行规划和设计 …… 847
1.2.2 实验室信息管理系统 …… 847
1.2.3 实验室的“可灵活设置”功能 … 848
1.3 主要设计规范 …… 848
2 通用实验室设计 …… 848
2.1 选址要求 …… 848
2.2 总图设计 …… 848
2.3 平面设计 …… 848
2.3.1 设计原则 …… 848
2.3.2 建筑平面类型 …… 848
2.3.3 实验室与研究室的平面布局形式 …… 849
2.4 照明设计 …… 850
2.5 空调及通风系统设计 …… 851
2.5.1 设计要点 …… 851
2.5.2 空调及通风系统设计 …… 851
2.6 管道设计 …… 851
2.6.1 管道系统分类 …… 851
2.6.2 管道系统布置原则 …… 851
2.6.3 管道系统布置方式 …… 851
2.7 实验室纯水系统 …… 851
2.7.1 实验室纯水的分级 …… 852
2.7.2 实验室纯水应用 …… 852
2.8 常用实验仪器、设备 …… 854
2.8.1 实验室家具 …… 854
2.8.2 通风柜 …… 855
2.8.3 生物安全柜 …… 855
2.8.4 常用仪器、设备示例 …… 857
3 实验动物设施 …… 864
3.1 选址要求 …… 864
3.2 总图设计 …… 864
3.3 实验动物分级 …… 864
3.3.1 实验动物寄生虫学等级分类 …… 864
3.3.2 实验动物微生物学等级分类 …… 865
3.4 环境条件分类及环境指标要求 …… 865
3.4.1 环境条件分类 …… 865
3.4.2 环境指标要求 …… 865
3.5 实验动物设施给水要求 …… 866
3.6 实验动物设施排水要求 …… 867

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.7 实验动物的热负荷 …… 867
3.8 动物笼具 …… 867
3.9 主要的动物房设备 …… 868
3.9.1 独立通风笼具 …… 868
3.9.2 隔离器 …… 868
3.9.3 层流柜 …… 869
3.9.4 笼具清洗机 …… 869
3.9.5 开放式笼具 …… 870
参考文献 …… 873

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第 3 篇

化工系统设计

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第22章 管道及仪表流程图设计

管道及仪表流程图（Piping & Instrument Diagram，简称 P&ID）的设计是石油化工装置设计从工艺设计实施工程设计的过程。

管道及仪表流程图是石化装置工程设计中最重要的图纸之一，所有与工艺过程有关的信息都反映在该图上，如全部设备、仪表、控制联锁方案、管道、阀门及管件，开停车管道，特殊操作要求，安装要求，布置要求，安全要求等。管道及仪表流程图不仅是设计、施工的依据，而且也是企业管理、试运转、操作、维修和开停车各方面所需的完整技术资料的一部分。

管道及仪表流程图各设计版次，可为工艺、仪表、设备、电气、配管（安装）、应力、材料、给排水等相关专业及时提供相应阶段的设计信息。

1 管道及仪表流程图的设计基础

P&ID 的设计基础为工艺设计包和各专业为实施工艺设计所提交的资料。经济性和安全性是 P&ID 设计中应考虑的重要原则。

1.1 工艺设计包提交的内容

石油化工装置一般都有专利技术，向专利技术拥有者购买专利技术使用权，专利商将提供工艺包，工艺包的内容主要为专利使用者实施工程设计和生产操作所必需的工艺及相关专业条件。

1.1.1 设计基础

(1) 工艺装置的组成和工艺特性

说明本工艺装置有哪些工艺单元组成，同其他工程的联系和协作关系，工艺过程的主要特性，如多相聚合反应、萃取、减压精馏、干燥等工艺过程。

(2) 生产规模

说明本工艺装置的设计规模，主要产品产量，中间产品产量，原料处理量（万吨/年，或 t/h）

(3) 年操作小时

说明本工艺装置年操作时数；生产方式（连续、间歇）。

(4) 原料、催化剂和化学品规格

说明本工艺装置对原料、催化剂、化学品的规格要求，分析方法，来源及送入界区的方式，如连续输送、间歇输送、管道输送或桶装等。

(5) 公用工程规格和用量

说明本工艺装置需要的主要公用工程规格和数量。

(6) 产品规格

说明本工艺装置的产品和副产品（必要时包括中间产品的详细规格和分析方法），产品、副产品送出界区的条件（温度、压力）和输送方式。

(7) 原料和化学品、催化剂的消耗和单耗值

(8) 技术保证指标

说明本工艺装置的技术保证值和期望值，如反应的转化率、选择性。原料、催化剂、化学品的单耗，催化剂寿命，产品和主要副产品规格。

(9) 废物（三废）的性质、排放量和建议的处理方法

说明本工艺装置的生产方案，生产工艺特点，废物的排放量及处理方法。

(10) 安全卫生

说明本工艺装置危险因素分析、火灾爆炸的危险和毒性物质危险等。

① 危险因素分析　说明本工艺装置生产过程中使用的原料、化学品、催化剂和产生的产品，副产品、中间产品的易燃、易爆、有毒、粉尘等物料的种类、名称和数量。

② 火灾爆炸危险　说明本工艺装置物料的易燃、易爆性质，如闪点，自燃点，爆炸极限（%）。本装置的火灾危险类别，爆炸危险区域等级。

③ 毒性物质危险　说明本工艺装置物质的毒性，如 LD_{50} 口服，阈限值 TWA 等，建议的急救及防护措施。有毒物质的储存、运输要求。

④ 说明本工艺装置生产过程中产生的高温、高压、易燃、易爆、有毒和有害物质等有害作业的生产部位与程度。列出生产过程中危险因素较大的主要设备概况以及相应的防护措施。

1.1.2 工艺说明

(1) 工艺原理

说明本工艺的反应机理，列出主反应及主要副反应的化学方程式，并说明控制反应速率和副反应产生的主要因素。如反应温度，反应压力，原料浓度配

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

比，空速，催化剂选择，原料中杂质对反应和催化剂影响。

(2) 主要工艺参数

说明本工艺的主要操作参数。包括反应、精馏、萃取、传热等主要单元的主要操作参数。有反应的工艺还应列出反应初期和末期的操作参数。

(3) 工艺流程说明

按不同工段的P&ID，详细叙述工艺流程。说明原料、中间产品、副产品、产品的去向，进出界区的方式及储存方法；说明主要操作条件：温度、压力、流量、主要物料配比等；主要控制方案；若为间歇操作时，还需说明操作周期和一次（批）的加料量。

1.1.3 工艺流程图

工艺流程图（Process Flow Diagram，简称PFD）表示工艺生产所有的主要设备（包括名称、位号），关键阀门、流量、温度、压力、热负荷以及控制方案，如图22-1所示。

1.1.4 物料平衡和能量平衡

完成生产装置全过程的物料平衡和能量平衡后，如有必要应考虑到负荷的波动及各主要工况的变化。

根据计算结果列出物流表，应包括流程中每股物料组成、状态、流量、相对密度、黏度、温度和压力等。通常这些物流表可由工艺流程模拟计算得到。

1.1.5 管道及仪表流程图

工艺包的P&ID，从工艺角度来看，已全部表示了工艺过程的设备、机械、驱动设备（具体类型、规格可以在工程设计时确定），包括相应备台；还应表示出工艺过程正常操作、开停车、特殊操作（如再生、烧焦、切换等）等所需的全部管道的管子尺寸、管子材质、阀门类型、保温等；标示出工艺取样分析点；标示出全部的检测、指示和控制功能仪表；对工程设计有特殊要求的需要在P&ID上加以标识注明，如管道的坡向、不可有袋形、两相流管道须固定、最小距离、液封高度，必要时还需给出保证工艺要求的节点详图。

应该指出：涉及工程设计的内容，如管道等级、管道详细标注、仪表控制的详细标注、压缩机系统的公用工程管线、界区阀门设置、公用工程P&ID的深化，膨胀节、波纹管的设置等，工艺包P&ID的相应内容是初步的，有时可以没有。需待工程设计深化。

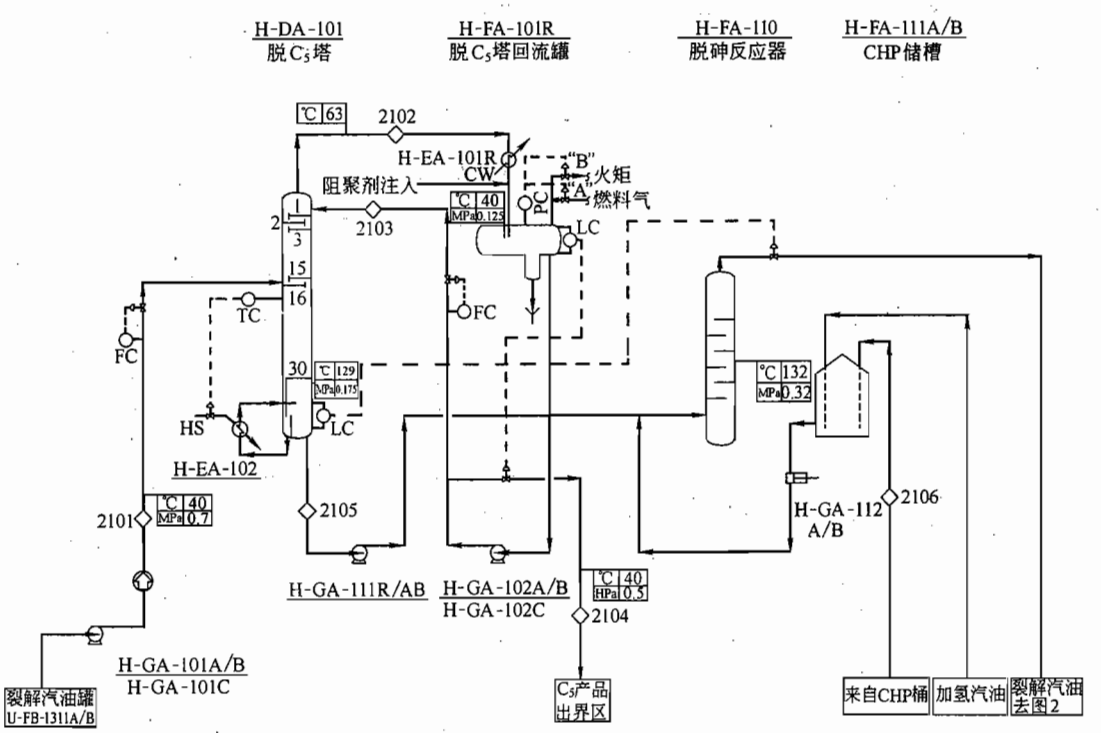


图 22-1 工艺流程图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.1.6 工艺设备表

列出主要工艺设备名称、数量和规格。

1.1.7 主要工艺设备的工艺规格书

按设备类别分类编制工艺规格书，即数据表，如反应器、塔、换热器、储槽、压缩机、泵、工业炉等。应列出工艺设计和操作参数，材质要求。静设备类应附设备草图，动设备类应提出传动机械要求，其深度应满足进行基础工程设计的要求。典型的设备数据表见表 22-1、表 22-2 以及 19 章、20 章中数据表。

1.1.8 自动控制和仪表

① 初步的仪表一览表、PLC 开关量输入、输出点，DCS 开关量输入、输出点。

② 初步仪表回路规格。

③ 工艺控制和联锁系统包括报警系统和联锁系统的参数。

④ 仪表系统说明。

1.1.9 管道设计

(1) 初步的管道一览表

列出工艺装置主要工艺管道的介质名称、代号，工艺操作条件，管道走向，管路尺寸，管道等级，保温等，详见表 22-3。

(2) 初步的管道材料等级

列出工艺装置主要工艺和公用工程管道、阀门、管件材料的选用等级表。

(3) 初步的设备布置图

该设备布置图为工艺专利技术拥有者根据其工程经验和工艺技术要求提出的建议性设备布置，在工程设计时可根据具体总图布置、装置情况作适当调整，但其中工艺技术要求内容必须满足。

(4) 管道安装设计建议

(5) 特殊管件

1.1.10 电气设计

包括电气设计概况，单线图，危险区域划分图和初步的电动机表等。

1.1.11 泄放阀和安全阀

(1) 排放原因（不包括火灾）

(2) 排放量工艺数据表（不包括阀的计算）

1.1.12 分析手册

(1) 对原料、化学品和最终产品的分析方法

(2) 为控制装置操作的分析要求、采样点、分析方法、分析频率和控制指标

(3) 实验室分析仪器的规格

1.1.13 工艺操作手册

(1) 操作指南

(2) 操作步骤

(3) 卫生安全环保措施（HSE）

(4) 特殊要求的检修要领

1.2 PIO 设计需要的资料

(1) 项目资料

① 开工报告

② 工程设计基础数据

③ 工程设计计划进度表

(2) 工艺资料

① 工艺包

② 工艺系统专业计算所需物料量，物性数据和操作条件

③ 技术风险备忘录（必要时）

(3) 自控资料

① 工艺控制方案（图）

② 塔器、容器、换热器、特殊设备和工业炉等各类设备上的仪表接口

③ 成套（配套）设备的限定供货范围，包括随机仪表、配套仪表和仪表的特殊要求

④ 配合工艺系统专业完成各版 P&ID 的有关仪表部分的工作

(4) 设备布置图

(5) 管道材料规格资料

① 材料备忘录

② 管道材料识别图

③ 管道材料设计规定索引（管道等级代号说明、管道材料分类、管道材料等级表及管道壁厚表等）

④ 绝热保温设计规定

⑤ 防腐涂漆设计规定

⑥ 定型的特殊管件选用标准

管道力学资料

⑦ 计算的管壁厚度

⑧ 限流孔板和爆破片厚度等

(6) 设备资料

包括容器、塔器、换热器、工业炉和特殊设备各版设备图和数据表。

换热器规格明细表（包括接管尺寸及各侧压力降数据）。

(7) 机泵资料

① 预计的机泵能量消耗汇总表

② 蒸汽轮机负荷汇总表

③ 机泵数据表

④ 制造厂提供的先期确认图纸资料和最终确认图纸资料

(8) 环保资料

需要时，提供环保噪声控制要求。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 22-1 塔设备数据表

	工程名称							
	车间(或装置)名称							
	所在区							
	设计阶段							
	版次	日期	说明	会签	编制	校核	审核	审定

设备名称	设备位号	台数
塔类型	塔板数×间距	
塔径×高度	填料规格及高度	

操作数据		
	塔顶	塔底
主要介质		
温度(max) ℃		
(正常) ℃		
压力(max) MPa		
(正常) MPa		
设计温度 ℃		
设计压力 MPa		
气相负荷 m^3/h		
液相负荷 m^3/h		
气相密度 kg/m^3		
液相密度 kg/m^3		
塔板序号		
塔体/塔板材料		
腐蚀裕度 mm		

设备草图

接管口		
序号	直径	用途

注：本表中压力（MPa）为表压。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 22-2　换热器数据表

	工程名称								
	车间(或装置)名称								
	所在区								
	设计阶段								
	版次	日期	说明	会签	编制	校核	审核	审定	
设备名称	设备位号					台数			
型式	传热面积 m^2								
流体	1								
流体名称	2								
总流量 kg/h	3								
	4	进		出		进		出	
液体量 kg/h	5								
蒸汽	6								
液体 kg/h	7								
水蒸气 kg/h	8								
不凝性物流 kg/h	9								
蒸发或冷凝 kg/h	10								
操作温度 ℃	11								
操作压力 MPa	12								
密度 kg/m^3	13								
黏度 Pa·s	14								
热导率 W/(m·K)	15								
分子量	16								
比热容 kJ/(kg·℃)	17								
潜热 kJ/kg	18								
线速 m/s	19								
压降 MPa	20								
污垢系数 $(m^2·K)/W$	21								
膜系数 $W/(m^2·K)$	22								
传热量 W	23								
平均温度 ℃	24								
总传热系数 $W/(m^2·K)$	25								
设计温度 ℃	26								
设计压力 MPa	27								
程数	28								
腐蚀裕度 mm	29								
材质	30	管子		管板		壳体		封头	
管子	31	管数		内径		外径		管长	
	32	管中心距				→□ ◇ △ ◁			
壳体	33	内径				折流板间距		切割	
保温	34	壳体	是/否			封头	是/否		
设备草图									

注：本表中压力（MPa）为表压。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表22-3 管道特性表

管线号	公称直径/mm(或in)	管道等级	介质名称	介质状态	管道起迄位置		流程图号	网格	压力/MPa				温度/℃				试压介质(水、空气、其他)	清洗介质	管道类别	绝热			备注
					起点	终点			操作压力			设计压力	操作温度			设计温度				绝热代号	材料代号	厚度/mm	
									最低	正常	最高		最低	正常	最高								

注：1. 绝热代号及其含义分别为：H—保温、C—保冷、P—防烫、D—防结露、E—电伴热、S—蒸汽伴热、W—热水伴热、O—热油伴热。

2. 本表中压力（MPa）系指表压。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2 管道及仪表流程图的设计过程

管道及仪表流程图的设计过程是逐步加深和完善的，它分阶段和版次分别发表。P&ID各个版次的发表，表明了工程设计进展情况，为工艺、仪表、设备、电气、电信、配管、应力、材料、安装和给排水等专业及时提供相应阶段的设计信息。P&ID的版次是工程设计最重要的图纸版次之一，相关专业的图纸版次应与P&ID的版次保持一致性。

工程设计分为基础设计和详细工程设计两个阶段，各阶段应完成的P&ID图的版次如下。

(1) 基础设计阶段

通常应完成以下四个版次的P&ID。

① A版（初步条件版)APPROVED FOR PLANNING

② B版（内部审核版）ISSUE FOR REVIEW

③ C版（用户批准版）ISSUE FOR APPROVAL

④ 0版（设计版）APPROVED FOR DESIGN

基础设计的四版图纸亦称为工艺版P&ID。

(2) 详细工程设计阶段

通常应完成以下三个版次的P&ID。

① 1版（详细设计1版）FOR DETAIL ENGINEERING Rev. 1

② 2版（详细设计2版）FOR DETAIL ENGINEERING Rev. 2

③ 3版（施工版）APPROVED FOR CONSTRUCTION

详细设计的三版图纸也称为工程版P&ID。

上述七版P&ID为常规P&ID开发过程。

对于小型或成熟工艺装置的P&ID和公用工程的P&ID，最少应完成以下三个版次。

① A版（初步条件版）APPROVED FOR PLANNING

② 0版（设计版）APPROVED FOR DESIGN

③ 1版（施工版）APPROVED FOR CONSTRUCTION

P&ID的设计版次可以不限于上述七个版次。根据项目的具体情况，项目经理（设计经理）有权增加版次，如基础设计阶段按顺序为A、B、C、D、E…，详细设计为1、2、3、4、5…，但必须注明增加的版次说明和应包括上述七个版次。增加的版次应及时通知项目组内相关人员和业主。

2.1 管道及仪表流程图A版（初步条件版）

工艺系统专业人员在收到本章所述P&ID设计基础的主要内容后，即可开始管道仪表流程图的设计工作，不必待工艺包全部结束后才开始，以缩短设计周期。A版图主要反映出工艺、设备、配管、仪表等组成部分的总体关系，用于装置内设备布置、主要管道走向、特殊管道和管架的研究，以及自控等相应专业开展基础工程设计。A版图至少包括以下内容。

① 出列全部有位号的设备、机械、驱动机及备台，有未定设备的应在备注栏中说明，或用通用符号或长方形框暂时表示设备位号，应初步标注主要技术数据、结构材料。

② 主要工艺物料管道（包括间断使用管道）标注物料代号、公称通径，可暂不注管道顺序号、管道等级和隔热、隔声代号，但要表明物料的流向。

③ 与设备或管道相连接的公用工程、辅助物料管道，应标注物料代号、公称通径，可暂不注管道顺序号、管道等级和隔热、隔声代号，但要标明介质的流向。蒸汽管道的物料代号应反映出压力等级，如LS、MS、HS。

④ 应标注对工艺生产起控制、调节作用的主要阀门。管道上的次要阀门、管件、特殊管（阀）件可暂不表示，如果要表示，可不用编号和标注。

⑤ 应标注主要安全阀和爆破片，但不注尺寸和编号。

⑥ 全部控制阀不要求注尺寸、编号和增加的旁路阀。

⑦ 标注主要检测与控制仪表以及功能标识（其中的一次元件、变送器、辅助仪表和附件等可不一一画出，亦可无回路编号），标明仪表显示和控制的位置，如上位机，DCS或现场的不同位置。

⑧ 标注管道材料的特殊要求（如：合金材料、非金属材料、高压管道等）或标注管道等级。

⑨ 标明有泄压系统和释放系统的要求。

⑩ 必需的设备关键标高（最小尺寸）和关键的设计尺寸，对设备、管道、仪表有特定布置的要求和其他关键的设计要求说明（如：配管对称要求，真空管路等）。

⑪ 成套（配套）设备供货范围和设计单位分工范围。

⑫ 首页图上文字代号、缩写字母、各类图形符号，以及仪表图形符号。

⑬ 辅助物料、公用物料管道及仪表流程图和装置间的管道及仪表流程图只做准备工作，通常不反映在A版图中。

2.2 管道及仪表流程图B版（内部审核版）

P&ID先应进行内部审核，然后送业主审核。工艺（系统）专业在完成B版图之前需进行安全分析和必要的计算，并经过各专业工作和协商后，在A版图的基础上深化、补充完成B版图。除了由于设计阶段的局限和制造厂商的条件，图纸资料不全等客观因素限制外，B版图应该尽可能完整。

在A版图内容的基础上，B版图还应增加下列内容。

① 补充所有工艺、公用工程、辅助物料管道，并进行管道号标注，包括开、停车管道，吹扫、置换、再生管道。同一管道中有不同管道等级的应要表示出分界符号。

② 根据制造厂商已经提供条件、图纸、资料的设

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

备（如泵、压缩机、专用机械等）的连接尺寸和所需的辅助物料系统、共用物料系统。如：冷却、润滑、密封和放空、放净系统的连接管的管径，连接形式、标准和设计要求，根据收到资料的多少来画图。

③ 补充所有检测与控制仪表以及功能标识，并进行回路编号，但制造厂的随机配套仪表可除外。

④ 补充所有列有位号的设备、机械、驱动机及备台，并进行编号和标注。补充全部特殊管（阀）件，进行编号和标注。

⑤ 确定全部取样、分析点，并进行编号和标注。

⑥ 对限流孔板、安全阀、爆破片、疏水阀、减压阀进行标注和编号。

⑦ 控制阀细节的标注，如有无手轮，能源事故状态阀的开、关位置及旁路阀组等。控制阀（或控制阀前后的异径管）尺寸可暂不注。

⑧ 需要说明的详图和待定（hold）问题。

⑨ 完善首页图的有关内容。

⑩ 辅助物料、公用物料管道仪表流程图和分配图（公用物料发生图和公用物料分配图），以及装置间管道及仪表流程图，同时发表B版，内容相似。

2.3 管道及仪表流程图C版（用户批准版）

设计单位内部审核会后，工艺（系统）专业将各专业（包括开车工程师）内部协调一致的变更和意见反映到管道仪表流程图上，形成用于用户审查的C版图。

C版图需要补充的内容一般为如下。

① 制造厂商补充提供的资料内容。

② 工艺（系统）专业认为需要的全部阀门，以及全部特殊管（阀）件。

③ 补充完善所有的管道要求、管道标注。

④ 按各回路的仪表组成和已确定的仪表类型，详细标注仪表符号，对于个别回路中某些仪表类型一时尚无条件确定时可采用简化法表示，待类型确定后应在下一版图中详细表示。仪表的公用工程和防冻、伴热要求标注完整。

⑤ 设备、机械、驱动机的技术特性数据应准确，成套（配套）设备范围和设计分工范围明确，标明各类分界范围线并注以相应图号。

⑥ 明确全部待定（hold）问题范围。

C版图应保证有95%的完整性和准确性，能供用户对设计能否满足生产要求进行全面审查。

2.4 管道及仪表流程图0版（设计版）

C版图发送给用户后，用户将组织有关专家进行审查。设计单位项目（设计）经理和工艺、自控、配管等相关专业人员应参加审查会讨论。根据审查会提出的正式书面审查意见，对管道仪表流程图C版进行修改、补充，最终完成管道仪表流程图0版。

0版图是设备布置图、管道布置图、详细模型配管和有关专业进行详细工程设计的依据。

2.5 管道及仪表流程图1版（详细设计1版）

根据设备布置图和管道布置图及模型，以及根据配管图进行详细水力学计算后确认的管径，由工艺（系统）和配管专业共同完成并发表1版管道及仪表流程图。本版图可视为0版（设计版）在详细设计阶段的一次修改，但修改量应该很有限，一般小于3%～5%。一般在0版图上需补充如下内容。

① 制造厂商提供的最终资料。

② 根据0版图返回到工艺（系统）专业后，由管道、自控等专业对0版P&ID图所作的变动和修改内容，对0版P&ID图进行修改。

2.6 管道及仪表流程图2版（详细设计2版）

2版图根据需要才发表。只有当工艺流程或设备订货中设备选型、规格有变化时，才需要发表管道及仪表流程图2版。

一般在1版图上需补充如下内容。

① 各有关专业（管道、自控、机械和机泵等专业）对1版P&ID图修改后，返回工艺（系统）专业所作的修改内容。

② 制造厂商对最终提供资料所作的修改内容。

2.7 管道及仪表流程图3版（施工版）

本版图作为施工、安装、编制操作手册、指导开车、生产和事故处理等的依据。

对3版中由于外界条件暂不能提供最终资料而产生的“待定”问题，以备忘录形式通知设计经理，当条件具备时，工艺（系统）专业人员应继续予以完成。图纸的修改和发放，在3版图发表后，不再整套发表，只对修改和解决“待定”问题的个别P&ID做微小的变更另行发表。

对管道及仪表流程图3版的内容和深度，应注意下列事项。

① 应符合制造厂的图纸及资料的要求，符合开车工程师提出的要求。

② 管道上的放空、放净应标注俱全。

③ 图纸的接续关系，界区交接点要完整、准确。

④ 将图上所有表示修改的修改符号和修改范围线均应擦去。

⑤ 全部“待定”问题和需要说明问题的处理意见。

3 管道及仪表流程图的管道编号

管道及仪表流程图上需编号的内容有图纸编号、设备位号、仪表位号、管道编号、特殊管件编号等。这些编号必须遵循同一个规则，使P&ID成为一个有机的整体。一般编号包括装置号（工段号）、分类代

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

号（设备、仪表、介质、管件等分类代号）、顺序号、其他代号等。由于石油化工装置中管道的种类复杂、数量很大，因此管道编号必须遵循一些规则，便于在设计、采购、施工中检索。

3.1　管道编号

3.1.1　需要编号的管道

① 在 P&ID 上表示的全部工艺管道，包括支管道和辅助管道。

② 在 P&ID 上表示的全部公用工程管道，包括环保、热力、给排水、冷冻、暖风等专业的管道。

③ 放空、放净阀后的放空、放净管道。

④ 设备管口接有阀门、盲板、丝堵或仪表，可把所有管口合编一个号。

3.1.2　不需要编号的管道

① 随设备、机械一起供货的管道，并由制造厂提供详细设计 P&ID 或管道布置图，不需要工程设计单位绘制管道布置图，也不需要工程设计单位统计材料的管道。如制造厂供货的成套设备或机组中的管道、设备、机械内部管道。

② 直接相接的设备接口。例如叠放的换热器、塔和再沸器。

③ 设备接管口上直接接阀门、盲板、丝堵而无管道连接的接口。当上述管口阀门后需要连接上管道，则该管道需要编号。

④ 管道上常规设计的放空管、放净管，即指排至地坪（不是排至地沟或地坑）的放净管，直接排大气的安全阀入口导管（此安全阀无出口导管）。

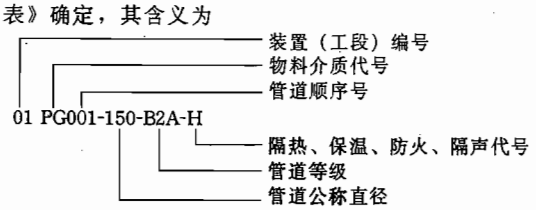
⑤ 设备、机械、管道上的伴热管和夹套管。

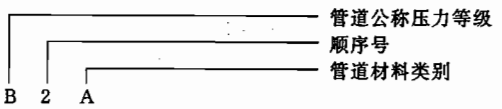
⑥ 控制阀、流量、安全阀等管件的旁路。

⑦ 仪表管线，如压力表接管、各类仪表信号线等。

3.1.3　管道号的组成

管道号一般由下列图示的六个部分组成，这也是大型联合装置（工厂）的管道号通常构成方式，其顺序可以根据业主要求和不同工程设计单位的习惯作变化。装置（工段）编号可以是 01、02、03、……，也可以是 100、200、300、……；介质代号可根据院和项目规定编制，并在首页图中说明；管道顺序号位数应根据同一装置中某一介质的最多管道数定。一般为 2～4 位数；公称直径可以公制单位，即 25、50、100、……mm，也可以用英制单位 1″、2″、4″、……表示；管道等级由管道材料专业编制的《管道等级表》确定，其含义为





3.2　管道编号的标注规则

3.2.1　一般要求

① P&ID 图的管道是按装置（工段）、介质为基准编号的。

② 工艺管道应根据主要物料流向顺序编号，同时，一般应在完成了前一张 P&ID 工艺介质管道编号后，再进行下张 P&ID 的工艺介质管道的编号。

③ 开停车工艺管道应根据物料来源和去向顺序编号。

④ 辅助系统的物料管道应根据其辅助物料的产生源或去向开始编号。

⑤ 公用工程管道应从进出装置主管开始编。

⑥ 在满足设计、采购、施工、操作和检修的要求，不至于产生混乱和错误前提下，应尽可能减少管道号的数量。

3.2.2　标注规则

① 工况相同的两台 A/B 互备泵，可编一个管号，这样不仅方便编写管道一览表，也便于画在一张轴侧图上进行管道应力分析。或者在进出 B 泵的管道上加 a 予以区分，如图 22-2 所示。

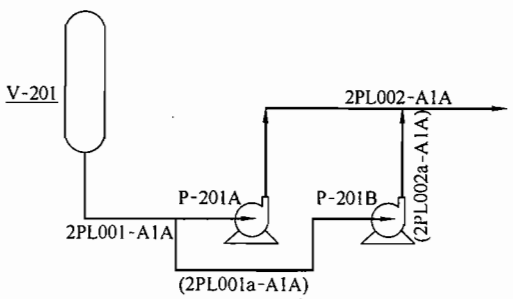


图 22-2　互备泵的管道标注

② 一个管道接至一台设备上有多个管口，其用途是相同的，正常时只用一个管口，其余为备用、切换口，则只需编一个管号，如图 22-3 所示。

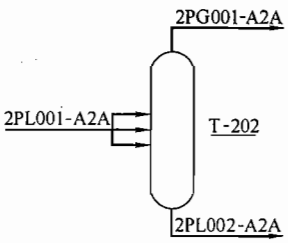


图 22-3　塔设备进料口标注

③ 一个管道接至一台设备多个管口，其用途不同，则每根管道均需编号（见图 22-4）。

④ 循环冷却水进出管道，其介质代号不同，但

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

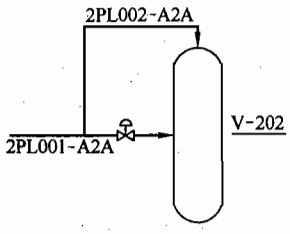


图 22-4 一根管道有多个管口的标注

管道顺序号相同（见图 22-5）。

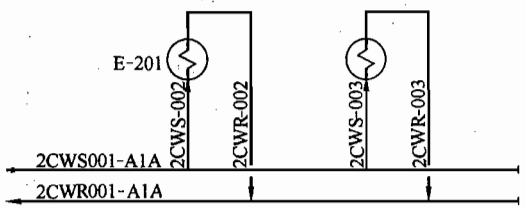


图 22-5 循环冷却水管道标注

⑤ 装置（工段）间的连接工艺管道编号按起点装置（工段）编号（见图 22-6）。

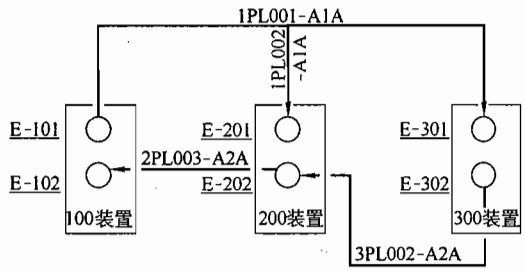


图 22-6 装置（工段）间的连接工艺管道标注

3.3 管道特性表

管道特性表是P&ID中全部管道的索引，它包含了每根管道的设计、施工和开车的技术参数。管道特性表和设备数据表、仪表数据表一样，是管线设计的技术文件。表 22-3 为常规管道特性表的内容。

.3.3.1 管道特性表填写方法

① 按不同的装置或单元分别编制管道特性表，同一种介质代号按顺序编在一张表中，不同介质应分别填写在不同的表中。

② 当一个管线号具有多个管径、管道等级或其他数据时，可分行填写，亦可在同行中用斜线“/”表示。

③ 管道特性表中所列内容按不同设计阶段分别填写完成。

3.3.2 管道特性表内容说明

① 管道号 不同介质按顺序填写。

② 尺寸 填写公称直径，公制或英制单位均都可以。

③ 管道等级 由系统工程师根据管道等级表填写，必要时可和材料工程师商量确定。

④ 介质名称 填写介质的化学名称，如乙烯、聚丙烯、汽油等。

⑤ 介质状态 系指气体、气相、液体、气/固混合物等。

⑥ 管道起讫位置 填写管线起始点，始点的设备位号、管线号或装置界区。

⑦ 流程图号和网号 填写该两项内容可方便查找该管线的位置。

⑧ 温度、压力 温度、压力分为操作条件和设计条件下两种情况。

a. 操作条件 填写各种操作工况下，温度、压力的最小、正常、最高值。

石化装置的各种操作工况，包括正常生产、开停车、切换操作、低负荷运转、满负荷运转、再生过程、紧急停车过程、吹扫、机泵出口压力的最大值，阀门误操作（关错阀门）等工况。

b. 设计条件 详见本章第 5 节（设备和管道系统设计压力和设计温度的确定）。

⑨ 试压介质 通常情况下试压介质应为水，当管道的设计压力小于或等于 0.6MPa 时，也可采用气体为试验介质，但应采取有效的安全措施。

⑩ 清洗介质 通常情况下采用水、空气、蒸汽进行吹扫或清洗；根据需要可以进行化学清洗；润滑、密封及控制油管道，应在机械及管道酸洗合格后、系统试运转前进行油清洗。

⑪ 管道类别 按 SH 3501—2002《石油化工有毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》中规定填写。

⑫ 绝热 其中绝热类别的代号及其含义分别为：H—保温、C—保冷、P—防烫、D—防结露、E—电伴热、S—蒸汽伴热、W—热水伴热、O—热油伴热、J—夹套伴热、N—隔声。材料代号可填写绝热材料名称。厚度栏填写绝热层的设计采用厚度。如附有单独的管道绝热一览表时，本表仅填写绝热代号。

4 管道及仪表流程图校审提纲

P&ID的校审工作是一项十分重要的工作，它不仅涉及P&ID本身设计的完整性、系统性，而且还涉及P&ID的经济性、可操作性和安全性。

本节将管道及仪表流程图的校审提纲以表格形式列出，可方便校审人员逐项校审。已进行校审的内容应做标记，未进行校审的内容应由工艺审核人或项目经理批准。其中“安全分析”和“工艺可操作性”部分内容可结合专题“危险性和可操作性”研究（或称“HAZOP”研究）一起进行。对于成熟的工艺流程可简化分析的内容，重点对新改动或新开发的局部P&ID进行分析。

校审提纲一览表分为基础设计和详细工程设计两部分不同要求的内容，应至少进行二次全面校审，并列出要求黄笔逐条管线校对。对涉及工艺以外的内容，应由项目经理组织校审。

基础设计和详细工程设计P&ID的校审提纲一览见表 22-4，表 22-5。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 22-4 基础设计 P&ID 校审提纲

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID 图号 版次		工程名称
校审项目	校审记录	意 见
a. 总体校对		
图签		
设备号和名称		
操作/设计温度和压力(包括非常操作)		
泵吸入/排出压力		
设备尺寸和标高(关键内件)		
设备/仪表安装相应的标准安装图		
P&ID 图例和单位制		
材料和腐蚀要求		
设备接口连接对照数据表		
化学清洗(接口)		
强制性标准条款		
P&ID 基本单元流程设计		
泵		
容器		
塔		
换热器		
空冷器		
加热炉		
压缩机		
过滤设备		
储罐		
b. 安全分析		
公用工程发生故障的对策		
冷却水		
仪表空气		
电力		
氮气		
蒸汽		
异常危险性分析及对策		
超高温或低温的发生		
超高压或低压的发生		
未预见的化学反应的发生		
有毒有害物质泄漏,防范		
危险物品大量储存限制		
		校对人: 日期: 审核人: 日期:

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID图号 版次		工程名称
校审项目	校审记录	意 见
易燃易爆物质泄漏		
开/停车各种工况对本装置和其他装置的影响		
静电		
重要设备异常工况分析		
高度危险物质的安全措施,如乙炔、环氧乙烷等		
紧急停车系统		
控制阀失效安全操作		
止回阀设置		
泄放系统以及对安全卫生环境的影响		
泄压阀		
真空安全阀		
降温阀		
防爆片		
火炬系统		
阻火器		
惰性覆盖气体		
消防		
排出物以及对安全卫生环境的影响		
气体		
液体		
固体		
安全系统		
熄火蒸汽		
熄火水		
易燃,有毒气体的探测		
火焰探测		
安全喷淋/洗眼器		
c. 黄笔每条线校核		
工艺管道细目		
管道尺寸和材料		
管道顺序号		
与其他P&ID图的连接		
管道走向		
		校对人: 日期: 审核人: 日期:

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称			
图纸名称		业主	
		工程号	
P&ID图号	版次	工程名称	
校审项目	校审记录	意　见	
隔离阀/盲板			
止回阀			
循环管			
伴热/隔热			
坡度			
二相流			
最小距离标注			
管道规格分界			
特殊管件(规定)			
特殊管件(编号)			
封腿规定			
大气脚规定			
标注应铅封和锁住的阀门			
标注应“常闭”的阀门			
放空/排净			
仪表根位阀			
仪表			
功能			
位号			
事故位置(注明“失气开”、“失气闭”)			
控制阀尺寸			
旁路			
盘装/就地仪表			
报警			
联锁			
特殊标高			
d. 工艺可操作性			
开车操作要求			
停车操作要求			
催化剂再生操作			
催化剂装填/卸载			
取样及位置			
		校对人：　　日期： 审核人：　　日期：	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID图号	版次	工程名称
校审项目	校审记录	意　见
设备隔热		
蒸汽排放		
操作通道要求		
开/停车及事故用氮气		
e. 其他内容		
试车要求		
自动隔离阀		
减压阀		
连带要求		
区域划分		
防火		
噪声标准		
		校对人：　　日期： 审核人：　　日期：

表 22-5　详细工程设计 P&ID 校审提纲

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID图号	版次	工程名称
校审项目	校审记录	意　见
a. 基础设计 P&ID 审查会议纪要的核实		
需进一步资料而待定(hold)项目的校审		
已执行项目的目前状况校审		
确定需进一步考虑项目的备注		
P&ID基本单元流程设计		
基础设计校审意见落实情况		
修改或新增内容重新校审		
b. 变更记录格式		
确认将变更并入 P&ID		
校审关键的变更		
c. 设备校核		
用设备数据表检查设备接口连接		
		校对人：　　日期： 审核人：　　日期：

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID 图号　　版次		工程名称
校审项目	校审记录	意　见
成套设备的相关连接		
通道/检查措施		
设备高度		
d. 仪表校核		
仪表供应商资料检查结果校审		
仪表类型检查结果校审		
特殊仪表问题审核		
e. 黄笔每条线校核		
工艺管道细目		
管道尺寸和材料		
管道顺序号		
与其他 P&ID 图的连接		
管道路线		
隔离阀/盲板		
止回阀		
循环管		
伴热/隔热		
坡度		
最小距离标注		
管道规格分界		
特殊管件(规定)		
特殊管件(编号)		
大气标高		
封腿规定		
容器排气		
设备隔离		
降温阀		
临时流量计和压力表		
管道清洗/吹扫		
异常条件下最大/最小操作温度/压力		
容器排水与清洗		
阀门失效安全操作		
		校对人：　　日期： 审核人：　　日期：

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID 图号	版次	工程名称
校审项目	校审记录	意 见
标注应铅封和锁住的阀门		
标注应“常闭”的阀门		
局部设计详图		
仪表		
功能		
位号		
事故位置(注明“气开”“气闭”)		
控制阀尺寸		
旁路		
盘装/就地仪表是否合理		
报警是否恰当		
联锁是否合理		
设计详图		
f 装置可操作性		
如何接近人孔,仪表阀,手动阀		
取样位置		
取样冷却器的设置		
试车和预试车		
装置的开车和停车		
成套设备的开车和停车		
g. 安全分析		
核实基础设计校审内容的落实情况		
新增或修改的流程重新校审		
低流率的影响		
断流的影响		
高/低液位影响		
高/低反应速率的影响分析		
高/低速搅拌		
高/低黏度		
异常危险性分析		
泄放系统		
紧急停车系统		
		校对人: 日期: 审核人: 日期:

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公司名称		
图纸名称		业主
		工程号
P&ID 图号　　版次		工程名称
校审项目	校审记录	意　见
消防装置		
装置布置-进入通道和紧急出口		
排出物处理的说明		
控制阀非正常操作的影响		
同类装置或专利商的试车或操作手册		
工艺特殊险情的确定并记录于操作手册		
电力联锁设备		
h. 其他内容		
		校对人：　　日期： 审核人：　　日期：

5　设计压力和设计温度

5.1　设计压力

设备和管道的设计压力是设备和管道强度设计的主要依据。工艺系统专业在确定设备设计压力时，应在满足设备长周期安全生产的基础上，做到既经济又合理。不能静止、单独地考虑每台设备的最高工作压力，要将设备置于工艺系统内进行分析，考虑各种工况下可能出现的最高压力以及系统附加条件（如系统压力变化、安全阀在系统的相对位置，泵出口阀门的相对位置等）对最大压力的影响。同时，应分析设备内的介质特性，如易燃、易爆，有毒有害，凝固点，饱和蒸气压，贵重物料等。

设备设计压力的确定先根据以下第 5.1.3 节的原则，确定每台设备的初步设计压力，然后再根据第 5.1.4 节的系统分析方法对初步设计压力进行调整，并得出设备的最终设计压力。

5.1.1　术语说明

(1) 压力

分表压和绝压，分别在压力单位后加 G 或 A 表示。不加说明时，通常指表压。

(2) 最大工作压力

容器在正常工况下，容器顶部可能达到的最大压力。此值由化工工艺专业提出。

① 对内压容器，指容器在正常工况下，其顶部可能出现的最大压力。

② 对真空容器，指容器在正常工况下，其顶部可能出现的最大真空度。

③ 对外压容器，指容器在正常工况下，其顶部可能出现的最大内外压差。

(3) 泵（压缩机）的关闭压力

系指泵（压缩机）在出口流量受限时的最高排出压力。

(4) 安全阀开启压力

安全阀阀瓣开始升起，介质连续排出的瞬时，安全阀进口处的静压力。

(5) 最高压力

用以确定容器设计压力的基准压力。它是由容器最大工作压力加上工艺流程中系统的附加条件后，在容器顶部可能达到的压力。此值由工艺计算确定。

(6) 设计压力

系指设定的容器顶部的最高压力（包括工艺流程的系统附加条件），与相对应的设计温度一起作为设备设计的条件，其值不低于最高压力。设计压力根据设备的最高压力和相关设计规范确定。

(7) 最高（最低）工作温度

系指容器在正常工作过程中，元件金属可能出现的最高（最低）金属温度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(8) 设计温度

容器在正常工作情况下设定的元件的金属温度。此温度与设计压力一起作为容器设计条件，其值应根据设备的最高（最低）工作温度和相应的规范计算确定。

5.1.2 设计规范

① 符合下列条件之一的按 GB 150《钢制压力容器》确定：

0.1MPa（G）≤设计压力≤35MPa（G）

真空度大于 2kPa（200mmH_2O）

② 符合下列条件之一的按 GB/T 4735《钢制焊接常压容器》确定：

设计压力低于 0.1MPa（G）

真空度小于或等于 2kPa（200mmH_2O）

③ 设计压力大于 35MPa（G）的应按相关规范确定。

5.1.3 设备设计压力的确定原则（见表 22-6）

5.1.4 各类系统中设备最高压力的确定

(1) 承受多种不同工况的设备

化工生产中，当同一设备需承受多种不同工况时，如某些反应器要适应吹扫、试压、升温还原、化学反应、催化剂再生等多种化工过程的多种工作条件变化，则该类设备设计压力的确定原则见表 22-6，并应向设备专业说明各阶段工作压力及工作温度相应变化的时间及介质变化情况。

(2) 特殊介质的设备

① 剧毒介质的泄漏直接影响到人身和环境安全，一般都把这类设备的设计压力定为高于表 22-6 规定值的原则，以确保安全。

② 对一些凝固点较高的介质，如沥青、石蜡、苯酐等，由于较容易使系统堵塞或者在排放时堵塞安全装置和排放系统，引起系统压力的升高，故除了考虑伴热措施外，可适当提高此类设备的设计压力。

③ 对某些贵重物料，一旦泄漏将会引起一定经济损失，在作经济权衡后，可提高设计压力。

④ 对某些介质，由于化学反应或物理过程可能引起工作压力的急剧变化，如化学反应或液相蒸发引起压力急剧上升，低压下的冷凝器冷凝过程将引起真空操作等，则应根据具体情况来确定设计压力。

(3) 离心泵系统

① 泵输出侧最后切断阀上游设备的最高压力

a. 若吸入侧容器的设计压力按表 22-6 选取，则泵输出侧设备最高压力应等于泵吸入侧容器最高压力加上泵出口关闭压差再加（或减去）静压头。

表 22-6 设计压力的选取原则

类型			设计压力
常压容器	常压下工作		设计压力为常压，用常压加上系统附加条件校核
内压容器	未装安全泄放装置		一般取 1.00～1.10 倍最高压力(表)
	装用安全阀		1.05～1.10 倍最高工作压力(当最高工作压力偏高时，可取下限，反之可取上限)，且不低于安全阀开启压力
	装有爆破片		不小于最大标定爆破压力
	出口管线上装有安全阀		不低于安全阀开启压力加上流体从容器至安全阀处的压力降
	容器位于泵进口侧，且无安全泄放装置时		取无安全泄放装置时的设计压力，且以 0.10MPa(G)外压进行校核
	容器位于泵出口侧，且无安全泄放装置时		取泵的关闭压力
真空容器	无夹套真空容器	设有安全泄放装置	设计外压力取 1.25 倍最大内外压力差值或 0.1MPa(G)进行比较，两者取较小值
		未设安全泄放装置	按全真空条件设计，即设计外压力取 0.1MPa(G)
	夹套内为内压的带夹套真空容器	容器壁	按外压容器设计，其设计压力取无夹套真空容器规定的压力值，再加夹套内设计压力，且必须校核在夹套试验压力(外压)下的稳定性
		夹套壁	设计内压力按内压容器规定选取

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

类　　型		设 计 压 力
外压容器		设计外压力取不小于在工作过程中可能产生的最大内外压力差
常温储存下，烃类液化气体或混合液化石油气（丙烯与丙烷或丙烯与丁烯等的混合物）容器	介质为丁烷、丁烯、丁二烯时	0.79MPa(G)
	介质 50℃时饱和蒸气压小于 1.57MPa(G)时	1.57MPa(G)
	介质为液态丙烷或介质 50℃时饱和蒸气压大于 1.57MPa(G)，小于 1.62MPa(G)时	1.77MPa(G)
	介质为液态丙烯或介质 50℃时饱和蒸气压大于 1.62MPa(G)，小于 1.94MPa(G)时	2.16MPa(G)

b. 若有特殊要求，则泵输出侧最高压力应由工艺系统专业会同有关专业共同商定。

② 泵输出侧最后切断阀下游设备的最高压力，应是化工工艺专业给定的最大工作压力加上系统附加条件后为其最高压力。

(4) 容积式泵系统

泵的输出压力主要受泵壳体的强度和驱动机的力矩限制，因此对容积式泵通常不用“关闭压力”一词，而用“停止压力”一词，其值等于使驱动机停止运转所需压差。

“停止压力”通常比容积式泵正常工作压力高许多，因此，容积式泵输出管道上的设备不应按“停止压力”设计。容积式泵输出管道上设备最高压力是化工工艺专业提出的设备最大工作压力加上系统附加条件。

(5) 冷冻系统

化工工艺专业通常提供冷冻系统在工作过程中预期达到的最大工作压力。但在停车后，高压侧压力将降低而低压侧压力将升高至系统中两侧压力相等，此时的压力即为“停车压力”。

高压侧的最大工作压力通常是工艺规定的数值，此值高于“停车压力”。

低压侧的最大工作压力为“停车压力”加上一定的裕量，此裕量取决于系统停车期间输入的热量和冷冻剂的热力学性质。长期停车时低压侧的最大工作压力取最高预期环境温度下冷冻剂的平衡压力，或参照下述（8）的规定选取。

“停车压力”按高压侧至低压侧等焓节流来计算。

最大工作压力加上系统附加条件，即作为冷冻系统最高压力，高压侧和低压侧分别确定。

(6) 压缩机系统

处理蒸汽和蒸汽混合物的压缩机系统和其他多种设备串联系统时，应按承受同一超压源的一组设备（两个切断阀之间）来选取设备最高压力，并应注意以下各点。

① 安全阀应尽可能设置在组内工作温度最接近常温的部位。

② 紧靠安全阀上游的设备的最大工作压力，是确定该系统其余设备最高压力的基准。

③ 安全阀开启压力等于上游设备设计压力减去该设备至安全阀最大正常流量下的压力降。

(7) 塔系统

塔系统包括塔设备、再沸器、塔顶冷凝器和回流罐。塔设备的最高压力应根据化工工艺专业规定的塔顶最大工作压力并加上系统附加条件来确定。

(8) 盛装液化气体的容器

① 盛装临界温度高于 50℃的液化气体的压力容器，当设计有可靠的保冷设施，其最高压力为所盛装液化气体在可能达到最高工作温度下的饱和蒸气压力；如无保冷设施，其最高压力不得低于该液化气体在 50℃时的饱和蒸气压力。

② 盛装临界温度低于 50℃的液化气体的压力容器，当设计有可靠的保冷设施，并能确保低温储存的，其最高压力不得低于实测的最高温度下的饱和蒸气压力；没有实测数据或没有保冷设施的压力容器，其最高压力不得低于所装液化气体在规定的最大充装量时，温度为 50℃的气体压力。

③ 常温下盛装混合液化石油气的压力容器，应以 50℃为设计温度。当其 50℃的饱和蒸气压力低于异丁烷 50℃的饱和蒸气压力时，取 50℃异丁烷的饱和蒸气压力为最高压力；当其高于 50℃异丁烷的饱和蒸气压力时，取 50℃丙烷的饱和蒸气压力为最高压力；如高于 50℃丙烷的饱和蒸气压力时，取 50℃丙烯的饱和蒸气压力为最高压力。

(9) 安全阀

对设有安全阀的系统，应根据设备与安全阀的相

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

对位置来确定最终的设计压力。

① 设有安全泄放装置的设备的设计压力，可按表 22-6 的原则确定。

② 安全泄放点下游设备的设计压力，等于安全泄放装置的开启压力加上安全阀至下游设备可能存在的静压头。如塔顶管线设置安全阀，经冷凝器后到回流罐，该回流罐设计压力应等于安全阀的开启压力加上冷凝器至回流罐的静压头。

③ 安全泄放阀上游设备的设计压力，等于安全泄放装置的开启压力加上设备至安全泄放装置间的压力损失和静压头。如安全阀设在回流罐，则塔顶设计压力等于安全阀开启压力加上塔顶至回流罐安全阀间的压力损失和静压头。

5.1.5 管道设计压力的选取

(1) 适用范围

适用于设计压力 p 在以下工作范围的管道。

① 压力管道 0MPa (G)$\leqslant p\leqslant$35MPa (G) 范围的管道。

② 真空管道 $p<$0MPa (G) 的管道。

③ 适用于输送包括流态化固体在内的所有流体管道。

(2) 管道设计压力的确定原则

① 管道设计压力不得低于最大工作压力。

② 装有安全泄放装置的管道，其设计压力不得低于安全泄放装置的开启压力（或爆破压力）。

③ 所有与设备相连接的管道，其设计压力应不小于所连接设备的设计压力。

④ 输送制冷剂、液化气类等沸点低的介质的管道，按阀被关闭或介质不流动时介质可能达到的最大饱和蒸气压力作为设计压力。

⑤ 管道或管道组成件与超压泄放装置间的通路可能被堵塞或隔断时，设计压力按不低于可能产生的最大工作压力来确定。

⑥ 工程设计规定需要计算管壁厚度的管道，其“管壁厚度数据表”中所列的计算压力即为该管道的设计压力，与计算压力相对应的工作温度即为该管道的设计温度。

(3) 管道设计压力的选取

① 设有安全阀的压力管道 p 大于等于安全阀开启压力。

② 与未设安全阀的设备相连的压力管道 p 大于等于设备设计压力。

③ 离心泵出口管道 p 大于等于泵的关闭压力。

④ 往复泵出口管道 p 大于等于泵出口安全阀开启压力。

⑤ 压缩机排出管道 p 大于等于安全阀开启压力＋压缩机出口至安全阀沿程最大正常流量下的压力降。

⑥ 真空管道 p 等于全真空。

⑦ 凡不属上述范围管道 p 大于等于工作压力变动中的最大值。

5.2 设计温度

5.2.1 设备设计温度的确定

设备的设计温度系指正常工作过程中，设备所用材料在最高设计压力下所对应的温度。当需要工艺系统专业提出设备的设计温度（作为设计条件）时，可参照本条款确定。

工艺系统专业以化工工艺专业提出的正常工作过程中介质的最高（或最低）工作温度或介质最高工作温度下的壁温（此壁温由传热计算或实测得出）作为设计温度。

工艺系统专业在不能进行传热计算或实测时，以化工工艺专业提出的正常工作过程中介质的正常工作温度加（或减）一定裕量作为设计温度。

① 设备器壁与介质直接接触且有外保温（或保冷）时，设计温度按表 22-7 中Ⅰ或Ⅱ确定。

表 22-7 设计温度选取

介质温度 T/℃	设计温度	
	Ⅰ	Ⅱ
$T<-20$	介质最低工作温度	介质正常工作温度减 0～10℃
$-20\leqslant T<15$	介质最低工作温度	介质正常工作温度减 5～10℃
$T\geqslant 15$	介质最高工作温度	介质正常工作温度加 15～30℃

② 设备内介质用蒸汽直接加热或被内置加热元件（如加热盘管、电热元件等）间接加热时，设计温度取正常工作过程中介质的最高温度。

③ 设备器壁两侧与不同温度介质直接接触，并有可能出现只与单一介质接触时，应按较高介质温度确定设计温度；但当任一介质温度低于－20℃时，则应按较低介质温度确定最低设计温度。

④ 设备壳体的材料温度仅由大气环境气温条件确定时，其最低设计温度可按该地区气象资料，取历年来“月平均最低气温”的最低值。

a. “月平均最低气温”系指当月各天的最低气温相加后除以当月的天数。“月平均最低气温”的最低值，是国家气象局实测的逐月平均最低气温资料中的最小值。

b. 对低于、等于－20℃的地区，最低设计温度取－20℃。

c. 对于低于、等于－10℃并高于－20℃的地区，最低设计温度取－10℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 下列情况应通过传热计算，求得设备材料温度作为设计温度：

a. 内壁有可靠的隔热层；

b. 器壁两侧与不同温度介质直接接触，而不会出现与单一介质接触。

⑥ 设备的不同部位在工作过程中可能出现不同温度时，应按不同温度选取元件相应的设计温度。

⑦ 设备的最高（或最低）工作温度接近所选材料允许使用温度界限时，应结合具体情况慎重选取设计温度，以免增加投资或降低安全性。

5.2.2 管道设计温度的确定

管道设计温度 T 系指管道在正常工作过程中，相应设计压力下可能达到的管道材料温度。工艺系统专业人员根据化工工艺专业提供的正常工作过程中各种工况的工作温度，按“最苛刻条件下的压力温度组合”来选取管道设计温度。由工艺系统专业提出的管道设计温度（本节系指管道中介质的最高工作温度）可参见以下原则确定。

① 以传热计算或实测得出的正常工作过程中，介质的最高工作温度下的管道壁温，作为设计温度。

② 在不便于传热计算或实测管壁温度的情况下，以正常工作过程中介质的最高（或最低）工作温度作为管道设计温度。

a. 金属管道

ⅰ. 介质温度小于 38℃的不保温管道，T＝介质最高温度。

ⅱ. 介质温度不小于 38℃的管道，T＝95%介质最高温度。

ⅲ. 外部保温管道，T＝介质最高温度。

ⅳ. 内保温管道（用绝热材料衬里），T＝传热计算管壁温度或试验实测的管壁温度。

ⅴ. 介质温度不大于 0℃，T＝介质最低温度。

b. 非金属管道及非金属衬里的金属管道

ⅰ. 无环境温度影响的管道，T＝介质最高温度。

ⅱ. 安装在环境温度高于介质最高温度的环境中的管道（除已采取防护措施者以外），T＝环境温度。

③ 以化工工艺专业提出的正常工作过程中，介质的正常工作温度加（或减）一定裕量作为设计温度，可按下式确定设计温度。

a. 介质正常工作温度为 0～300℃时，T≥介质正常工作温度＋30℃。

b. 介质正常工作温度大于 300℃时，T≥介质正常工作温度＋15℃。

④ 当流体介质温度接近所选材料允许使用温度界限时，应结合具体情况慎重选取设计温度，以免增加投资或降低安全性。如：按上述③中计算结果会引起更换高一档的材料时，从经济上考虑，允许按工程设计要求，将 15℃附加量减小，但工艺必须有措施，使运行中不至于超温。

⑤ 当工作压力和对应工作温度有各种不同工况或周期性的变动时，工艺系统设计人员应将化工工艺专业提出的各种工况数据列出，并向管道材料专业加以说明。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第23章 管道及仪表流程图基本单元典型设计

化工生产过程千变万化，表现为管道及仪表流程图的设计各不相同。但万变不离其宗，所有管道及仪表流程图均是由各种基本单元组成。不同生产过程中基本单元的管道及仪表流程图不可能完全一致，但也不会有太大的差异，均有一定的典型设计。本章主要讨论其共性问题，介绍一些比较常见、典型的设计方案供设计参考。

1 泵的管道仪表及流程图设计

依据泵向被送液体传递能量的方式，可分为叶片式泵和容积式泵，其主要结构型式如下。

泵	叶片式	离心泵	
		轴流泵	
		旋涡泵	
	容积式	往复式	柱塞泵
			活塞泵
			隔膜泵
		回转式	齿轮泵
			螺杆泵
	其他类型		

本节以离心泵与往复泵为例，说明其管道及仪表流程图的典型设计。

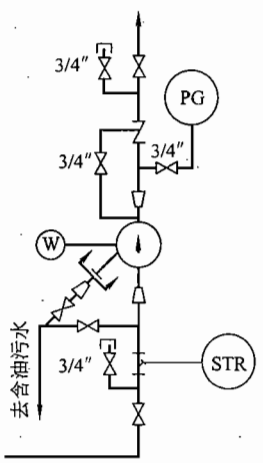


图 23-1 离心泵的管道及仪表流程图

1.1 离心泵的典型设计

图 23-1 所示为离心泵的管道及仪表流程图，设计要点说明如下。

① 泵的进出口应设置切断阀，一般采用闸阀。阀门直径一般与管道直径相同。

② 泵体和泵的进出口管道上需设置装有阀门的排气和排净管，*DN*50 以上的止回阀亦可考虑在阀盖上钻孔安装放净阀，排放物接至合适的排放系统。

③ 泵的进出口管道尺寸一般应比泵管口大一级或更大。

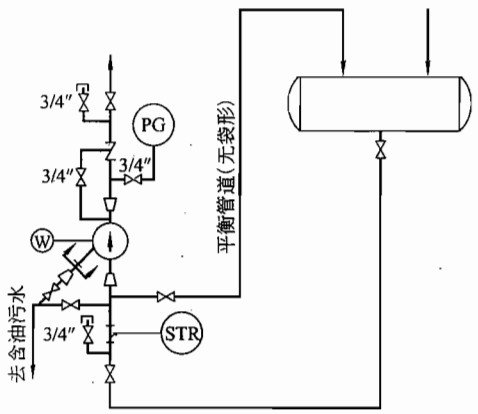


图 23-2 离心泵的平衡管道

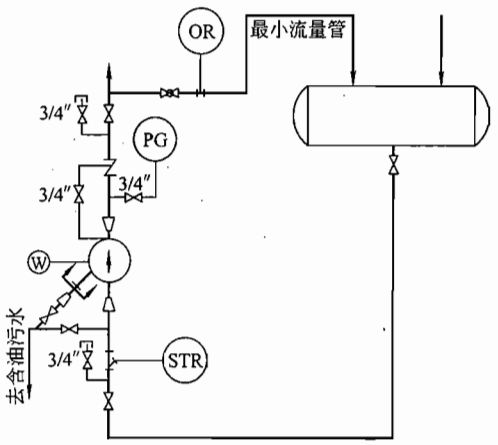


图 23-3 离心泵的最小流量管

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

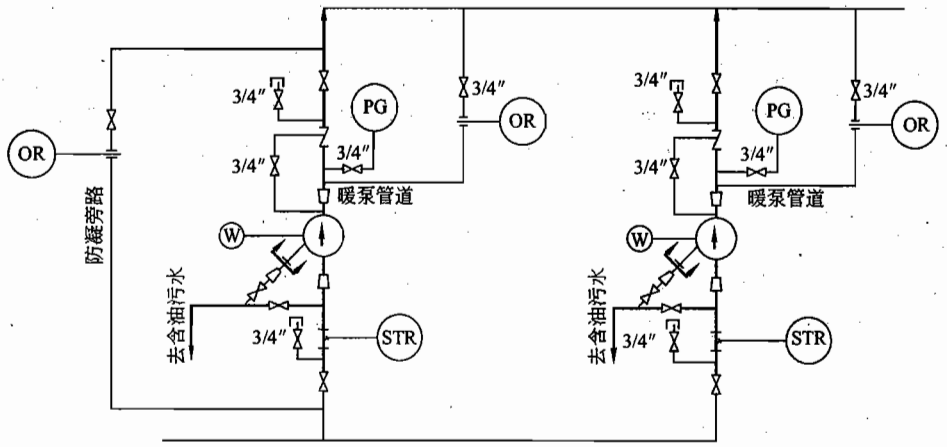


图 23-4　离心泵的暖泵管道和防凝管道

④ 泵吸入口应设置过滤器。

⑤ 泵出口应安装止回阀。

⑥ 泵出口必须至少设有压力表。

⑦ 介质在泵入口处可能发生汽化时，应在泵入口和入口切断阀之间设置平衡管并安装切断阀。平衡管通向吸入侧容器或就近排入相应的排气管道，并且不能形成袋形。如图 23-2 所示。

⑧ 泵如有可能在低于泵的最小流量下长期运转时，应设最小流量管。在最小流量管上应设置限流孔板和截止阀，如图 23-3 所示。

⑨ 用于输送 200℃以上介质的泵，并设有备用泵的，宜设置带限流孔板的暖泵管道。如环境温度低于物料的倾点或凝点时，还应设防凝管道。如图 23-4 所示。

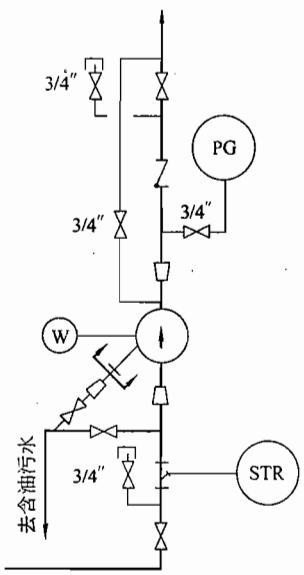


图 23-5　离心泵的高扬程旁通管道

⑩ 高扬程泵的出口切断阀前后应设置旁通管道。如图 23-5 所示。

1.2　往复泵的典型设计

图 23-6 所示为往复泵的管道仪表流程图，其设计要点如下。

① 与离心泵相比，往复泵出口可不设止回阀。

② 往复泵的出口管与出口切断阀之间应设置安全阀。安全阀的排出管可接入吸入过滤器的下游或接入吸入容器。

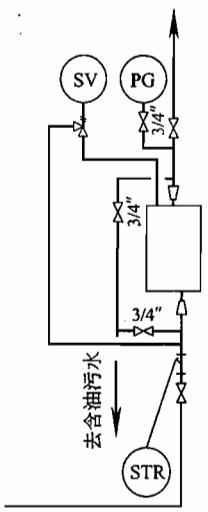


图 23-6　往复泵的管道仪表流程图

2　容器的管道及仪表流程图设计

(1) 容器的 P&ID 图设计要点

① 容器顶部与底部一般设有放空阀与放净阀，

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

容器底部附近应设有带阀门的公用工程接口。阀门应直接与容器管口相接。

② 容器的物料入口管口处不一定设切断阀。一般情况下只在容器的液相出口处设置切断阀，若此管口水平距离 15m 内另有切断阀，则容器出口处可不设切断阀。与容器相接的公用工程管道靠近容器管口处应设切断阀。容器与连接管道之间的切断阀应尽量直接安装在容器管口。

③ 容器上的现场液位计、液位变送器、液位报警器或压力表的接管等，可根据具体情况设置在容器的气相与液相相连通的立管上。

④ 容器需设置安全阀时，可将安全阀设置在容器顶部气相部分或气相管道上。

⑤ 容器对安装标高有具体要求时，应标出最低标高。

(2) 典型设计示例

图 23-7 为卧式容器的管道及仪表流程图。

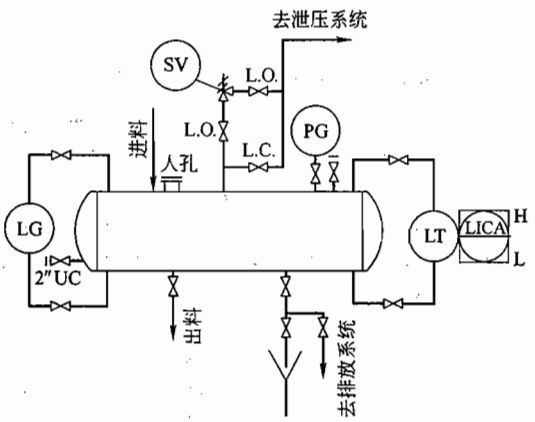


图 23-7 卧式容器的管道及仪表流程图

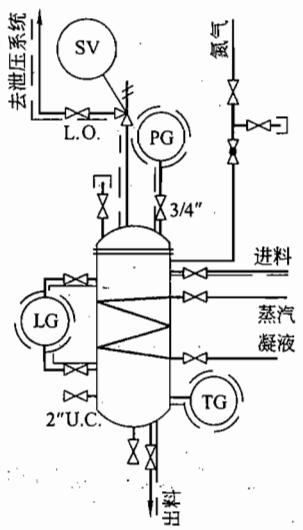


图 23-8 立式容器的管道及仪表流程图

图 23-8 为设有氮封的立式容器的管道及仪表流程图，罐体及物料管道设有蒸汽伴热。因为是间歇操作，故安全阀可不设旁路及上游切断阀。

图 23-9 为设有氮封的常压卧式容器的管道仪表流程图。罐上部设有呼吸阀与阻火器。物料由管道引至罐体液面以下。罐底液相出口设有防涡流板，接至泵吸入口。该容器有安装标高要求。

图 23-10 为带搅拌装置的常压立式容器的管道仪表流程图。因罐内装有搅拌装置，故可免设防涡流板。

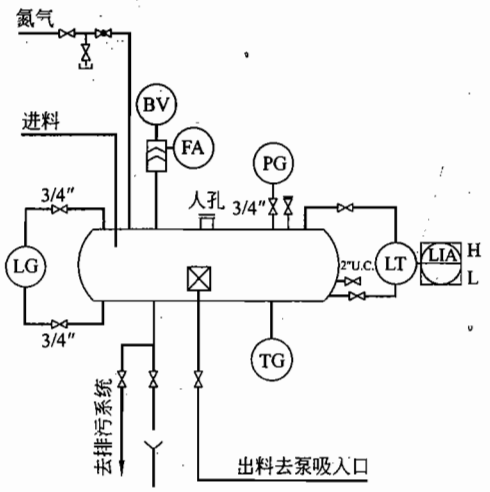


图 23-9 带氮封的常压卧式容器

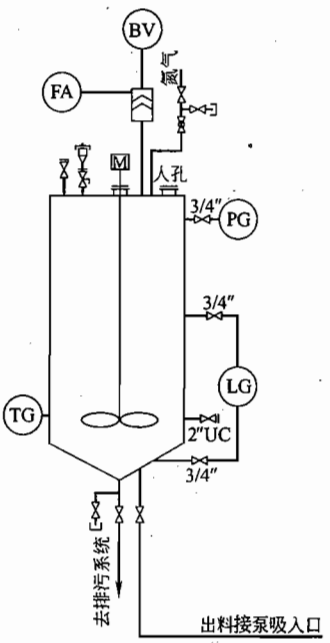


图 23-10 带搅拌装置的常压立式容器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3　塔设备的管道及仪表流程图设计

塔设备属于容器的一种，容器 PID 图的设计要点也适用于塔设备。但塔设备 PID 图还有一些特殊性。

3.1　蒸馏塔的典型设计

(1) 设计要点

① 设有多个进料口的塔，每个进料口均应设置切断阀。对同一产品有多个抽出口的塔，各抽出口均应设置切断阀。

② 塔顶馏出线一般不设阀门。

③ 塔顶和中段回流管线上在塔入口处不宜再设置切断阀。

④ 塔顶若设置安全阀，安全阀设置在塔顶或塔顶气相馏出管道上。

⑤ 根据工艺过程要求，向塔顶馏出管道注入与操作介质不同的添加剂时，其接管上应设置止回阀和切断阀。

⑥ 塔的安装应满足一定的高度要求。

⑦ 塔进料管上设置流量控制阀。切断阀之前设置取样阀。

⑧ 塔釜设置就地液位计，按需设置液位控制计。塔顶和塔釜需设置温度和压力检测点。

⑨ 按需在塔中部设置温度、压力检测点和取样点。温度计管口设在塔板上的液相区，温度计套管应与液体接触。压力计管口设在塔板下的汽相区。塔顶和塔釜之间设置压差检测点的，压差管口开在汽相区。

(2) 典型设计示例

图 23-11 为蒸馏塔的典型管道及仪表流程图。

3.2　再沸器的典型设计

再沸器有釜式再沸器、热虹吸式再沸器和强制循环再沸器等。按热源不同，可分为蒸汽加热再沸器和液体加热再沸器。按布置方式不同，又可分为立式再沸器和卧式再沸器。其中强制循环再沸器适用于黏度大或热敏物料。

(1) 设计要点

① 再沸器与塔釜的连接管道应尽量短，升汽管不允许有袋形。

② 再沸器与塔釜的连接管道上一般不设置阀门。当设有备用再沸器或多台再沸器，并在热负荷波动范围很大的情况下操作时，再沸器可设置阀门。

③ 立式热虹吸式再沸器列管束上端管板位置一般与塔釜正常液位相平。卧式热虹吸式再沸器的工艺物料液面应浸没全部传热管，通常与塔釜正常液面相平。当塔底产品需用泵抽出时，釜式再沸器的高度必须满足泵吸入高度的要求。对强制循环再沸器，塔釜的安装高度应满足循环泵的吸入高度要求。

④ 卧式再沸器常有两个出口，管道最好对称布置。

⑤ 再沸器壳层设置排气阀和排净阀。下部循环管道最低处设置排净阀。加热蒸汽进气管切断阀上游设置安全阀。

⑥ 再沸器的蒸汽入口管上设置调节阀，控制蒸汽流量。或在蒸汽凝液出口管上装调节阀，改变再沸器内蒸汽凝液的液面而调节传热量。

⑦ 釜式再沸器上直接安装液面计和自控液位计，调节再沸器液位和釜液泵流量。

⑧ 蒸汽加热管上设压力检测点，再沸器升气管上设温度检测点。

(2) 典型设计案例

图 23-12 为立式热虹吸式再沸器的管道及仪表流程图。

图 23-13 为釜式再沸器的管道及仪表流程图。

图 23-14 为立式强制循环再沸器的管道及仪表流程图。

3.3　冷凝器和回流罐的典型设计

(1) 设计要点

① 升气管无袋形。冷凝液管道无袋形，有坡度要求，坡向回流罐。

② 冷却水上、下水管均设有切断阀时，冷却下水管切断阀上游设安全阀。

③ 冷却水上水管最低处设排净阀，冷却水下水管最高处设排气阀放空。寒冷地区冷却水进出口阀前设防冻管道。

④ 回流罐冷凝液出口管的管口设破涡流器。

⑤ 冷凝器、回流罐应有排净阀、排气阀。回流罐排气阀后的放空管可与冷凝器物料侧排气管相连。

⑥ 重力回流式回流罐有高度要求，使其能克服管道阻力回流至塔内。强制回流式回流罐的安装高度应满足泵的吸入高度要求。

⑦ 重力回流式回流罐的回流管设有液封，液封管的排浸管设排净阀，排净至塔内。

⑧ 冷凝器升气管和冷凝液管设温度检测点。冷凝器下水管设置温度和压力检测。调节冷却水量的冷凝器，在冷却下水管设置流量控制阀。

⑨ 回流罐上安装现场液位计和自控液位计，用回流罐液位控制回流或馏出量。

(2) 典型设计案例

图 23-15 为重力回流式冷凝系统的管道及仪表流程图。

图 23-16 为强制回流式冷凝系统的管道及仪表流程图。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

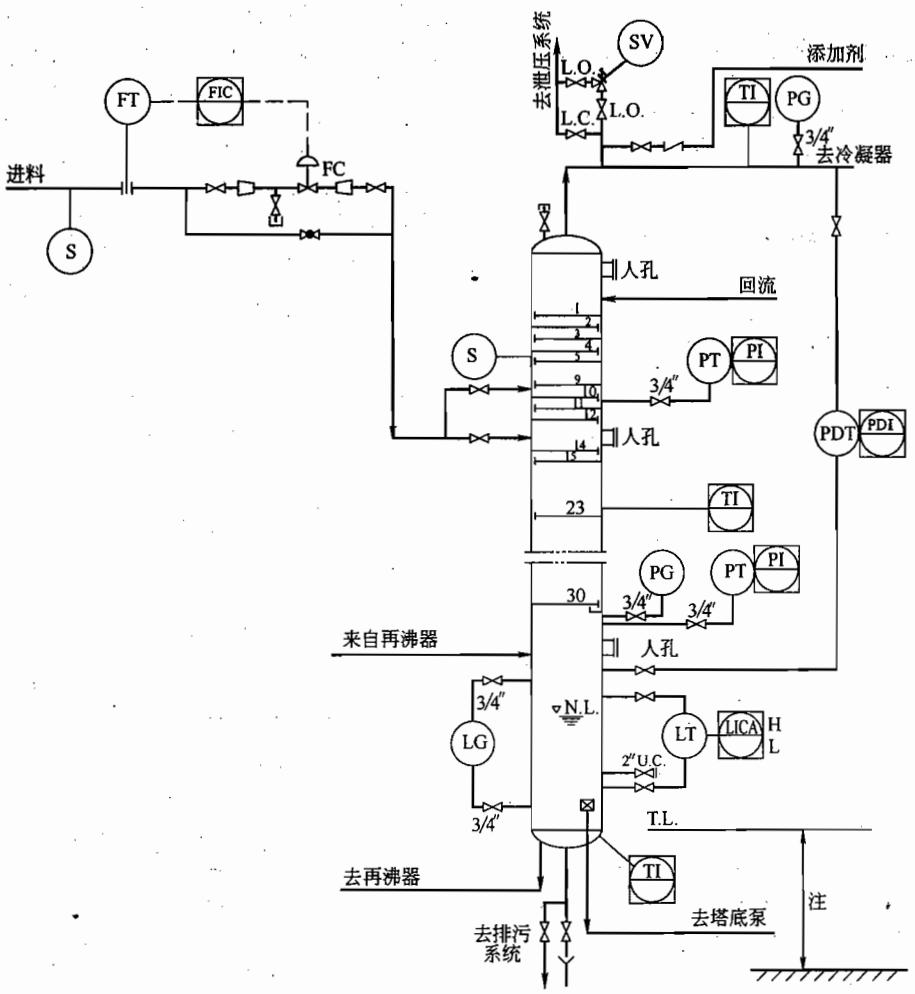


图 23-11 蒸馏塔的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

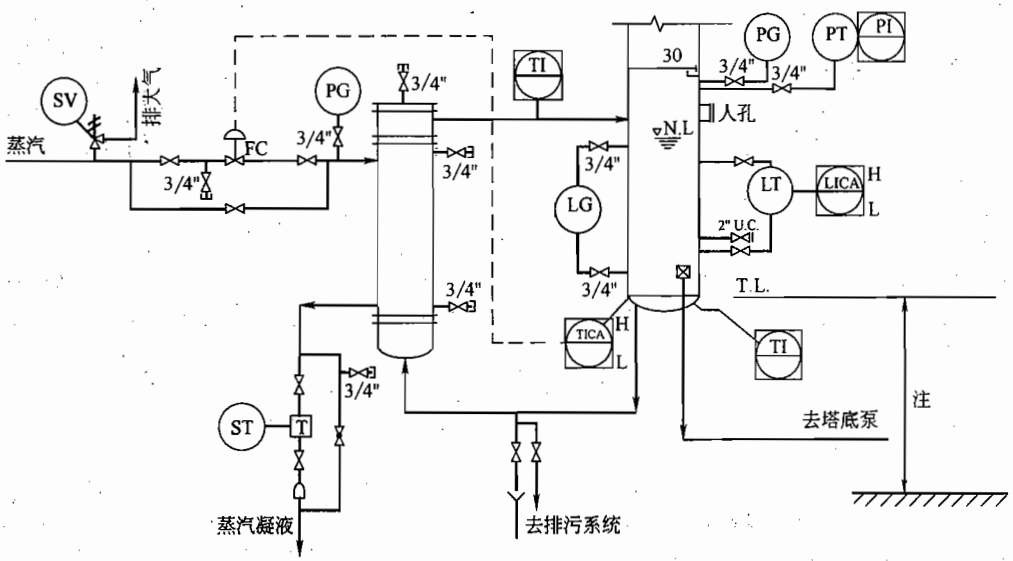


图 23-12 立式热虹吸式再沸器的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

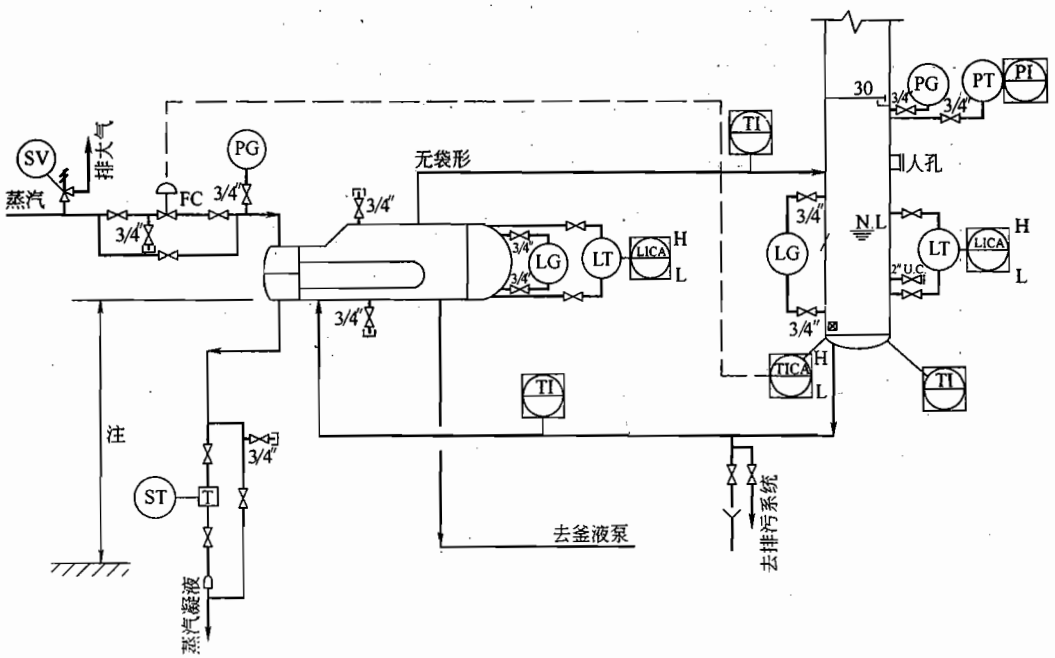


图 23-13　釜式再沸器的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

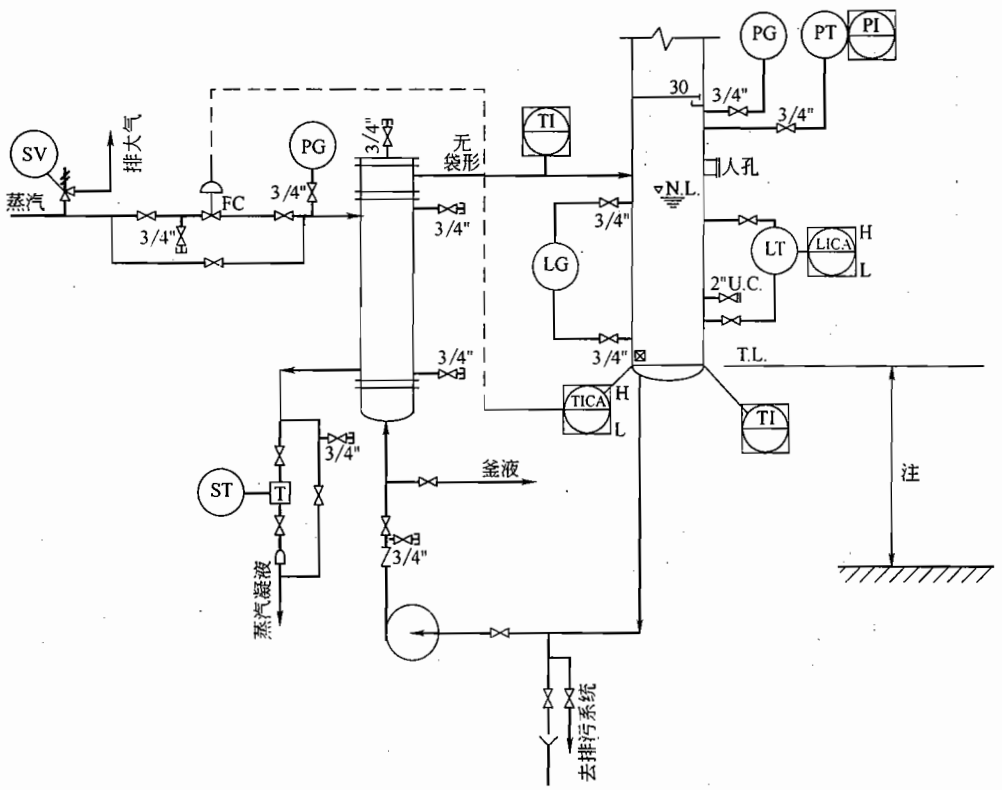


图 23-14　立式强制循环再沸器的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

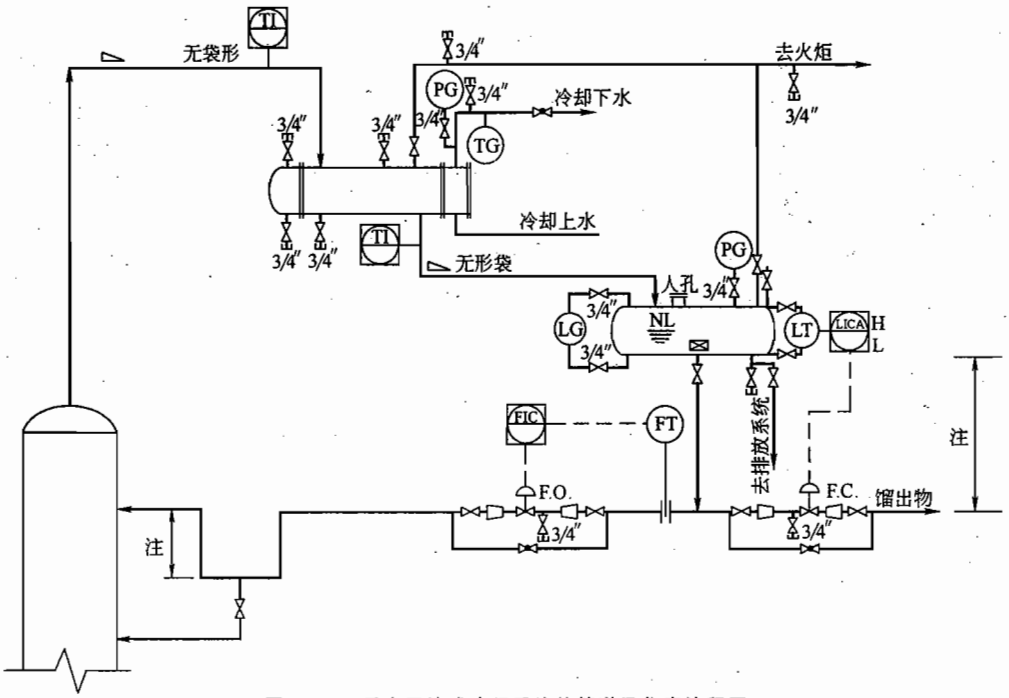


图 23-15 重力回流式冷凝系统的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

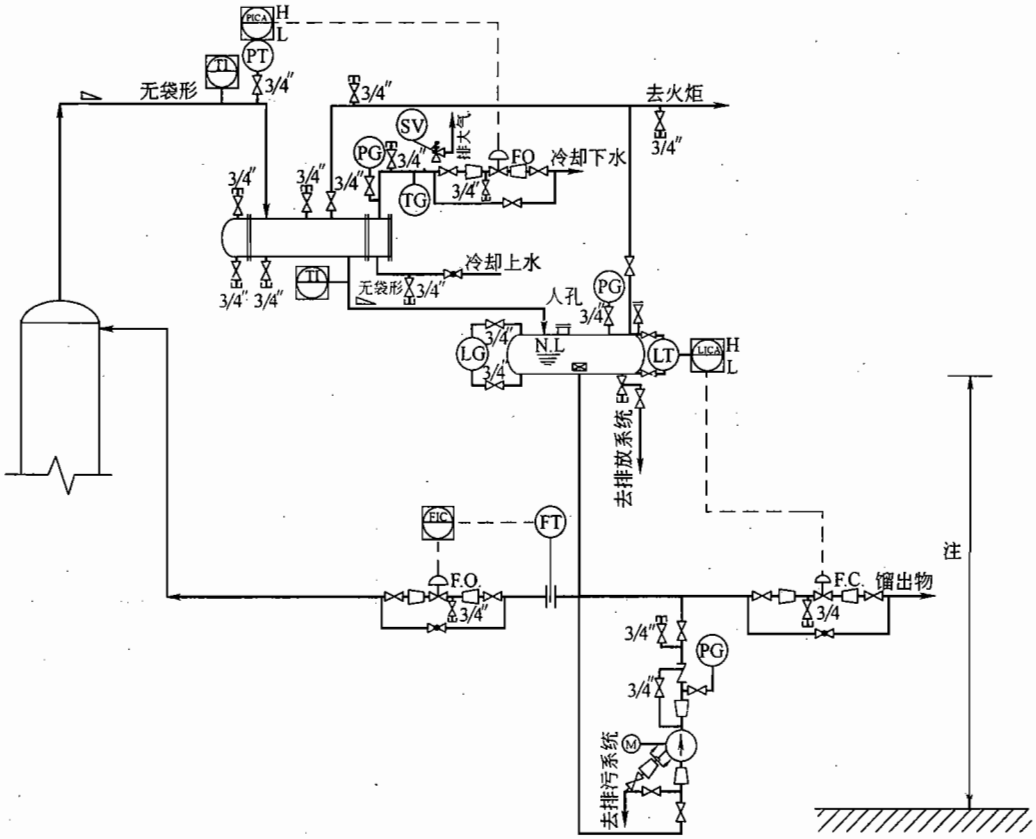


图 23-16 强制回流式冷凝系统的管道及仪表流程图

注：标注工艺要求的高度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4　储罐的管道及仪表流程图设计

储罐按其形状可分为立式、卧式和球形三种。

(1) 设计要点

① 常压罐顶部应设呼吸阀和阻火器、真空阀或其他相应措施。浮顶罐不需设置呼吸阀。

② 大型常压储罐常设有泡沫消防系统。

③ 大型立式常压储罐底部应设一集水井，由集水井向外排水。

④ 大型储罐在水压试验过程中会有较大沉降，故与其相接的管线宜采用柔性管连接。

⑤ 大型球罐应设两个安全阀组。

⑥ 根据储存物料的性质，球罐应设消防喷淋系统及夏季喷淋系统。

(2) 典型设计案例

图 23-17 为常压储罐的管道及仪表流程图。储罐的进料、出料管道通过挠性管与储罐连接，罐顶设有呼吸阀和阻火器，储罐可设有氮封，以隔绝空气。罐顶还设有泡沫消防系统。罐底附近设有公用工程接口，还设有集水井。储罐设有现场液位计和液位指示报警装置。罐侧设有温度计，罐顶、罐底均设有人孔。

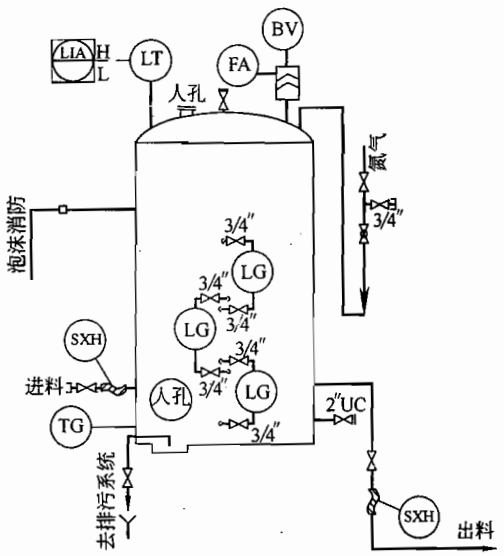


图 23-17　常压储罐的管道及仪表流程图

图 23-18 为球罐的管道及仪表流程图。进、出球罐的物料管均位于罐底，并设置双阀（一个手动阀，一个自动阀）。球罐设有两套液位测量系统，一套为现场液位计，一套为液位指示报警控制。液位高时，控制室报警并切断进料阀；液位低时，控制室报警并切断出料阀。罐上设有氮封系统。罐顶设有双安全阀，安全阀出口通往火炬系统。出料管口设有防涡流板。罐顶、罐底均设有人孔。球罐设有消防喷淋系统和夏季冷却喷淋系统，球罐赤道附近有一圈环状喷淋管以便向球罐下半部表面喷淋。消防水和工业水均由地下引入。

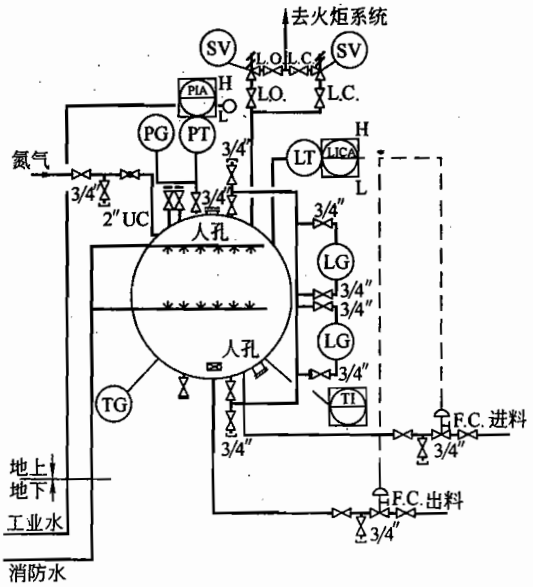


图 23-18　球罐的管道及仪表流程图

5　换热器的管道及仪表流程图设计

(1) 设计要点

① 换热器应采用逆流换热流程。冷流一般由下部进入，上部排出。热流一般由上部进入，下部排出。

② 无相变的换热系统，串联换热器宜采用重叠式布置，但叠放不应超过 3 个换热器。

③ 进入并联换热器、冷却器和冷凝器的管线应采用对称布置形式。

④ 一般情况下，有相变介质走壳程；温度压力高的介质、制冷剂或低温冷媒、易积垢和腐蚀性的介质走管程。

⑤ 换热器工艺侧一般不设切断阀，如设备在生产中需从流程中切断，或两侧均为工艺流体而一侧需进行调节和两台互为备用的换热器，可按需要设置切断阀。

⑥ 换热器的非工艺侧，在进出换热器处常设切断阀，有粗略的流量调节要求的，可选用截止阀。

⑦ 冷介质的进出口均有切断阀时，应在冷介质出口管切断阀上游设置安全阀。

换热器壳侧的设计压力比管侧的设计压力低时，应按以下原则来决定壳侧是否需要设置安全阀保护。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

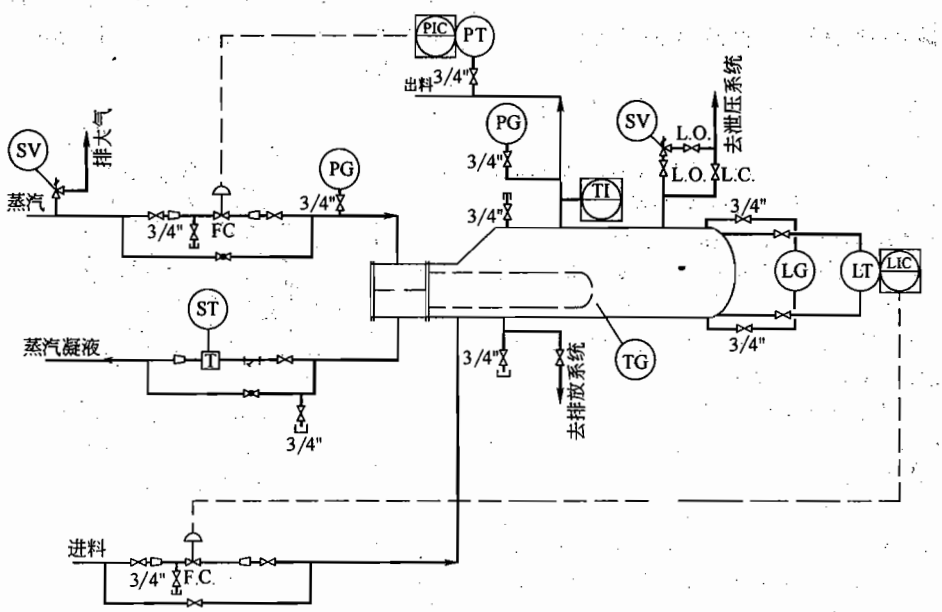


图 23-19 蒸发器的管道及仪表流程图

换热器运行时，其内部气体所占的容积大于或等于换热器体积的 50%，而高压侧的压力是低压侧的 1.5 倍以上，由于换热管破裂会造成低压侧的压力超过其设计压力的 150%时，低压侧要设安全阀。

换热器运行时，液体的容积大于或等于换热器体积的 50%，高压侧设计压力低于 7×10^6 Pa（G），且管子损坏会造成低压侧压力超过其设计压力的 1.5 倍时，低压侧要设安全阀。

换热器运行时，液体容积等于或大于换热器体积的 50%，换热管破裂会造成低压侧超过其设计压力，高压侧压力大于 7×10^6 Pa（G），且高低压比值大于 1.5 或高低压侧的压差大于或等于 7×10^6 Pa 时，需要用爆破片来防止低压侧超压。

⑧ 寒冷地区水冷器和水冷凝器的冷却水进出口阀前设防冻管道。

⑨ 换热器冷却水出口侧应设温度检测。被冷却或加热的工艺介质的出口侧也应设温度检测设施。

(2) 典型设计示例

图 23-19 为蒸汽加热蒸发器的管道及仪表流程图。由物料蒸汽出口压力控制进口蒸汽量，蒸汽入口设置安全阀，进入蒸发器的物料量有蒸发器的液位控制。

图 23-20 为一冷却器的管道及仪表流程图。利用物料出口温度来控制冷却水出口的调节阀，冷却水入口处设有切断阀，冷却水回水管上设有安全阀，冷却水进出口管之间设有防冻管线。

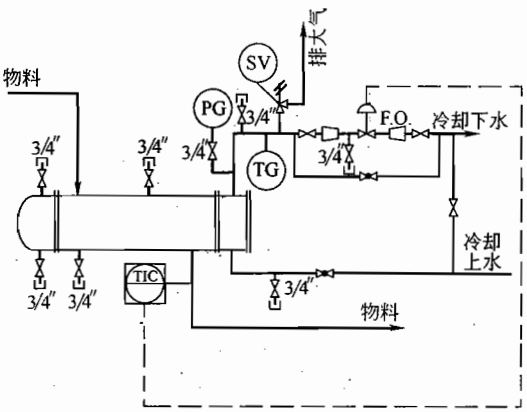


图 23-20 冷却器的管道及仪表流程图

6 空冷器的管道及仪表流程图设计

(1) 设计要点

① 空冷器的入口介质为两相流时，入口管道采用对称形式的布置。

② 空冷器的管口少于 4 个，可采用同程式布置进出口管线。当管口多于 6 个时，每 6 个管口一个联箱，如图 23-21 所示。

③ 分配管的截面积为与其连接的支管截面积之和的 1.5 倍左右。

④ 空冷器进出口管线一般不设切断阀。如需隔

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

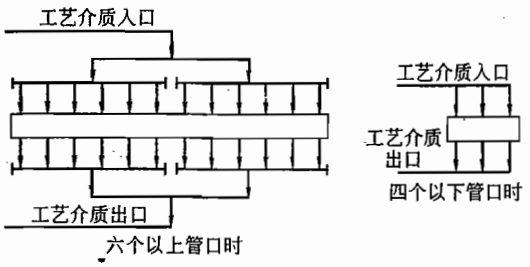


图 23-21 空冷器管口的连接

断操作或不停产维修的，应在其进出口管道上设切断阀，吹扫装置和放空阀。

⑤ 空冷器出口管道应设温度检测点。

(2) 典型设计示例

图 23-22 为空冷器的管道及仪表流程图。

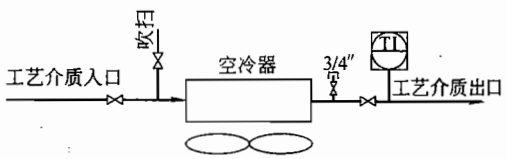


图 23-22 空冷器的管道及仪表流程图

7 加热炉的管道及仪表流程图设计

(1) 设计要点

① 加热炉的物料进出口管道应对称布置（尤其在气液两相流动时，仪表不能计量，阀门不能调节），且不应有大的压力损失，主管必须有足够大的截面。

② 为使流量均匀分配，对非两相流流动的管道，除了对称布置外，可在各分、集合管及支管上设控制用阀门及计量设施（一般应装在液相进料管上）。为了校验加热状态，在加热炉出口管线上应设测温仪表，此时可以不考虑管道的对称布置，而利用阀门调节、控制，使物料加热后的温度一致。

③ 加热炉过热蒸汽放空管道上应设置消声器。

④ 炉管需要注入水或蒸汽时，应在水和蒸汽管线的引入线上设置切断阀和止回阀，并在两阀中间设一检查阀，以免物料倒入水或蒸汽系统。

⑤ 在加热炉的入口管线上应安装放气阀，其最小尺寸为 *DN*50；在出口管线上应设放净阀。

⑥ 在加热炉的对流段和辐射段，通常装有一 *DN*50 的灭火蒸汽接头。当炉管破裂时，可将灭火蒸汽阀打开，使蒸汽进入炉膛灭火。大型加热炉可能设有多个蒸汽灭火接头。灭火蒸汽一般由新鲜蒸汽管专线引出。由于灭火蒸汽管仅在发生事故时使用，所以从切断阀到加热炉这段管线不用保温，也不必试压，跨距可比一般管线大些，高处不设放空阀，低处钻一些 ϕ6 的泄凝液孔。

(2) 典型设计示例

图 23-23 所示为四路进料的加热炉对称管道布置。对称部分的管道长度直径，阀门及管件的数目和形式必须相同。

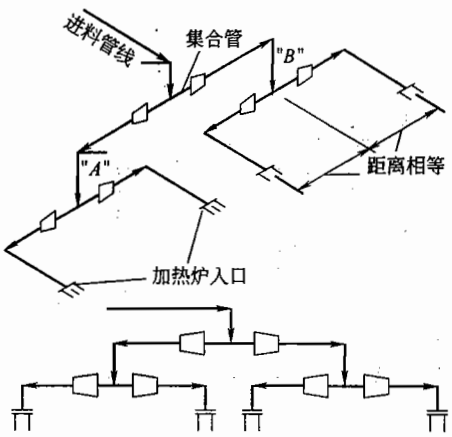


图 23-23 加热炉四路进料的对称管道布置

图 23-24 所示为加热炉八路并流进料的对称管道布置。

图 23-25 所示为一四路进料的加热炉物料管道布置。每路的流量在炉子入口前用一截止阀控制，并设有计量孔板，在炉后设有测量仪表。运行时，要保证每根炉管的流量相同，即每根炉管的出口温度相同。

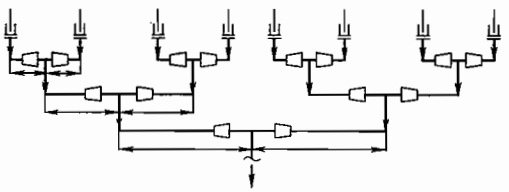


图 23-24 加热炉八路并流进料的对称管道布置

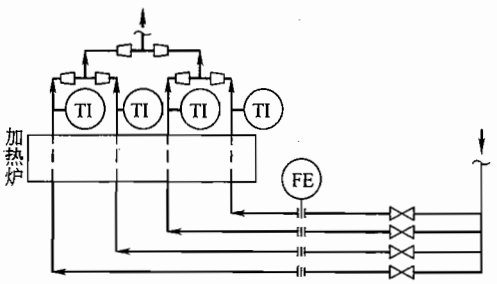


图 23-25 加热炉四路进料管道布置

8 压缩机的管道及仪表流程图设计

压缩机按其工作原理可分为容积型和速度型两大

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

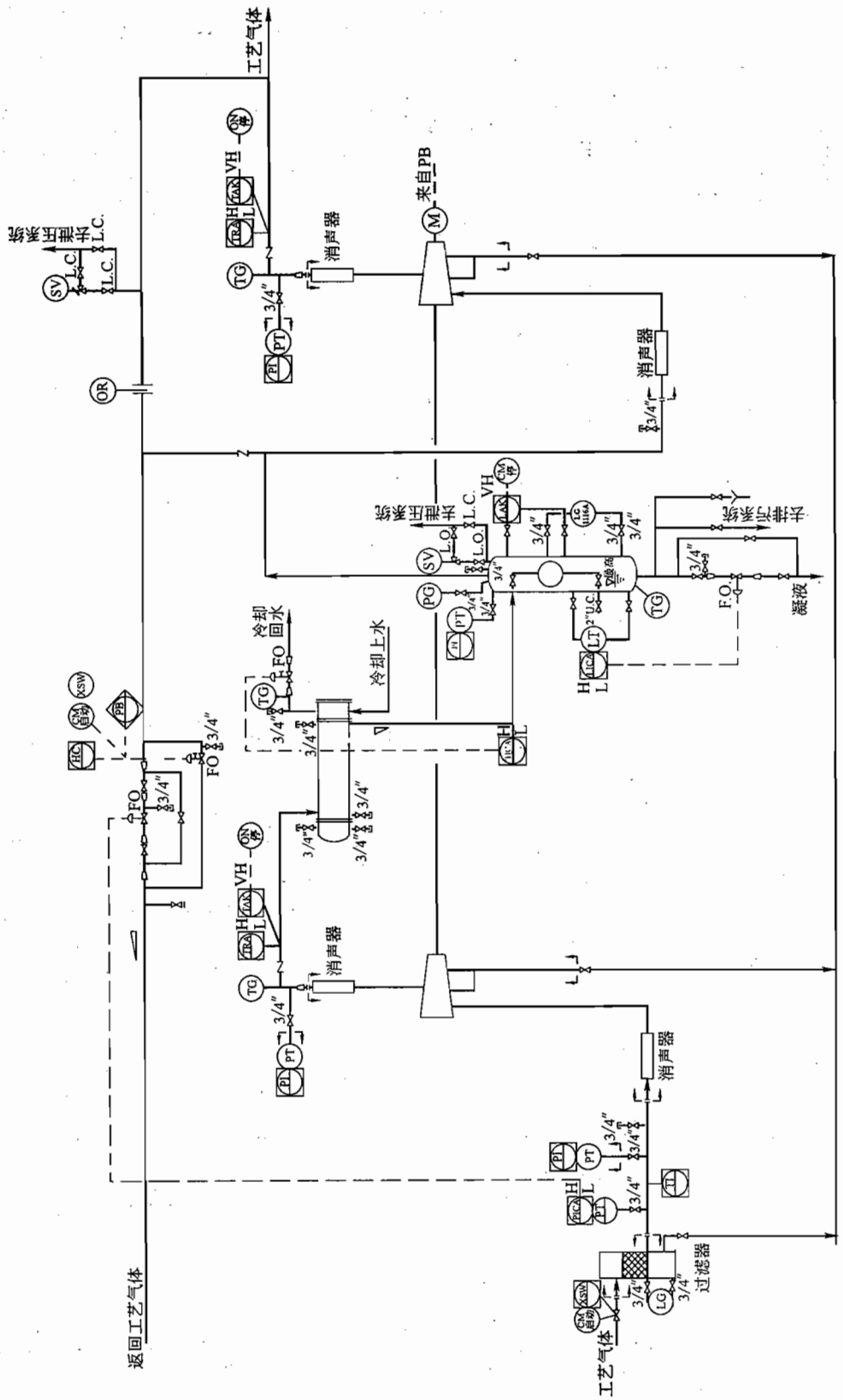


图 23-26 压缩机的管道及仪表流程图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

类。容积型压缩机通常使用的有活塞式、螺杆式、水环式；速度型压缩机通常使用的有离心式和轴流式。压缩机的驱动有电动和汽轮机驱动。

(1) 设计要点

① 压缩机的进出口管道均应设置切断阀。抽空气的往复式压缩机进口管不设切断阀。

② 压缩机入口管与切断阀之间设过滤器。

③ 往复式压缩机吸入口和排出口应设缓冲罐。

④ 压缩机各段吸入口前应设凝液分离罐。

⑤ 汽轮机驱动的压缩机，汽轮机的蒸汽入口管上设置切断阀和过滤器。

⑥ 汽轮机外壳底部应设连续排水的疏水器。

⑦ 背压式汽轮机乏汽管道上设切断阀。其供汽和乏汽管道的低点应设疏水设施。

⑧ 凝汽式汽轮机的乏汽管道上应设安全阀，安全阀常设在冷凝器上。若进入表面式冷凝器的乏汽管道上安装切断阀，安全阀应设在切断阀前。

(2) 典型设计示例

图 23-26 为压缩机的管道及仪表流程图。压缩机的入口管道设有切断阀和过滤器。每段进出口均有消声器，同时设有温度和压力指示。当出口温度超过规定值时报警；当温度超过联锁值时，压缩机紧急停车。两段之间设冷凝器和分液罐。分液罐设有安全阀，通过液位控制排液，当液位超过联锁值时，压缩机紧急停车。每段出口有止回阀。压缩机二段气体出口设有安全阀，部分返回压缩机前，根据一段入口压力调节返回量。

9　除尘分离设备的管道及仪表流程图设计

工业上广泛应用的除尘分离过程通常分为干法除尘和湿法除尘。

干法除尘设备有重力沉降室、旋风分离器、袋式过滤器、电除尘器等多种。

湿法除尘设备有水浴室除尘器、自激式除尘器组、旋风水膜除尘器、泡沫除尘器、文丘里除尘器、多级文丘里洗涤器及洗涤塔等。

本节以袋式过滤器和洗涤塔为例，说明其管道及仪表流程图的典型设计。

9.1　袋式过滤器除尘系统的典型设计

(1) 设计要点

① 调节袋式过滤器放空气体量来控制料仓与流化床之间的压差，以保证料仓向流化床进料顺畅。根据工艺要求，也可调节放空气体量，控制料仓或流化床气相压力。

② 袋式过滤器进、出口之间设置压力、压差检测，压力值可采用就地显示或控制室显示。

③ 间断通氮气对袋式过滤器进行吹扫。氮气切断阀可就地，也可在控制室遥控启、闭。

④ 袋式过滤器与料仓之间的粉体管道宜垂直敷设，当水平管段不可避免时，对水平管段应设计成大角度倾斜式圆滑过滤管段。

⑤ 在含尘气体管道易堵塞处，设置连续吹扫用惰性气体管道及转子流量计、切断阀。

⑥ 长距离输送粉料的管道上设置惰性气体吹扫管道及切断阀，以便定期吹扫。

⑦ 粉料及含尘气体管道上安装球阀、插板阀等；料仓连续定期加料到流化床的粉料管道，采用自动控制加料速度的球阀。

⑧ 料仓在压力下操作，其顶部设置安全阀或爆破片。如需要，在设备与安全阀之间管道上安装铅封开启的切断阀。

(2) 典型设计示例

图 23-27 为袋式过滤器除尘系统的管道及仪表流程图。

两组袋式过滤器除尘系统交替反吹，间断清灰。

气体输送的粉料分别进入料仓，氮气分几处进入料仓的不同部位，料仓中的粉料与氮气在流化状态下送入流化床反应器。输送粉料的气体从料仓顶部出去进入袋式过滤器，气流中的粉尘被过滤出来返回料仓，净化后的气体通过袋式过滤器的顶部放空。

两套料仓-袋式过滤器组交替进行受料-出料操作。受料与出料的时间间隙，由氮气反吹滤袋的清灰操作。一台袋滤器进行吹扫时，放空气体经吹扫放空管道，由另一台袋滤器过滤后放空。

料仓-袋滤器为单组设备的除尘系统的单元模式，与本例基本相同。

9.2　洗涤塔除尘系统

(1) 设计要点

① 为保证沉降槽出料浆液的流动性，操作中应控制浆液的浓度在一定范围，不可过高。

② 尽量减小含尘气体及浆液管道的阻力：即管径不宜小，少转弯；采取大的弯曲半径，避免突然变径等。

③ 洗涤塔在压力下工作时，在塔釜气相及沉降槽之间应设置压力平衡管。

④ 输送浆液的水平管道较长时，应有≥0.005 的坡度，坡向下游设备，并适当设置气体吹扫管道。

⑤ 当洗液为有压的工业上水，并就近由管道连续供应时，则可直接进入系统；如为其他介质，应另设洗液槽及泵。

⑥ 在原料气进塔、净化器出塔及浆液出料管道上均应设置取样点，或设置在线分析。

⑦ 塔顶按需要设置安全阀。当需要在安全阀与设备之间的管道上设置切断阀时，该切断阀应加铅封开启（CSO）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

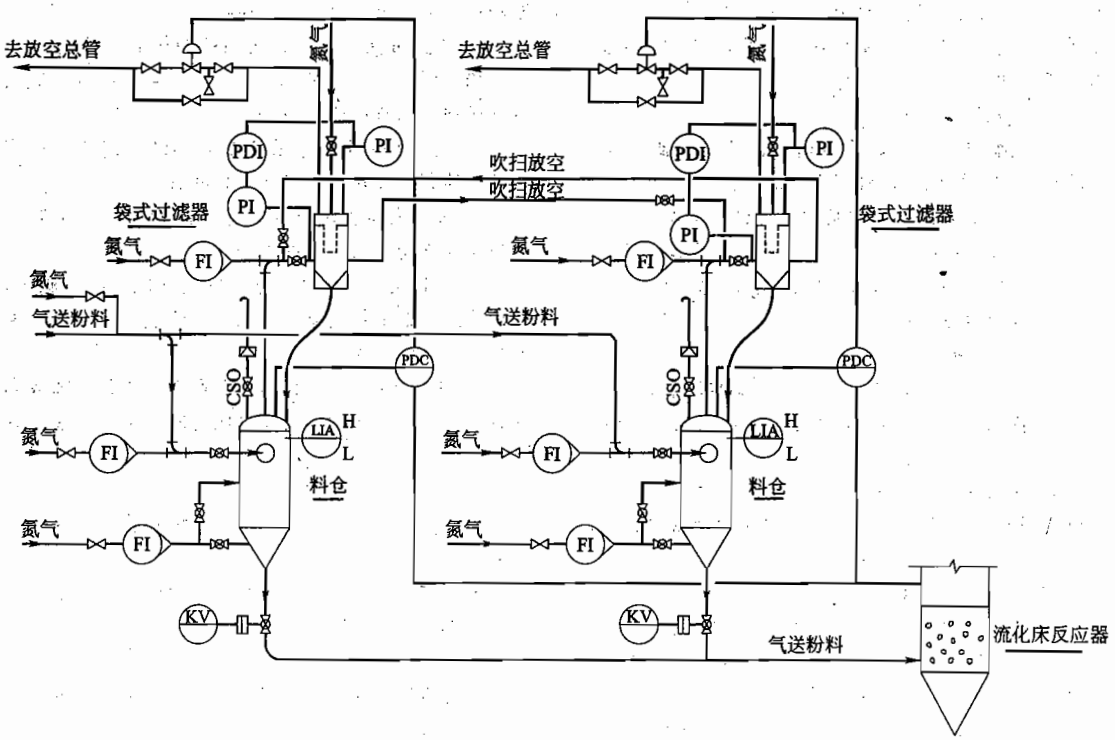


图 23-27 袋式过滤器除尘系统基本单元模式

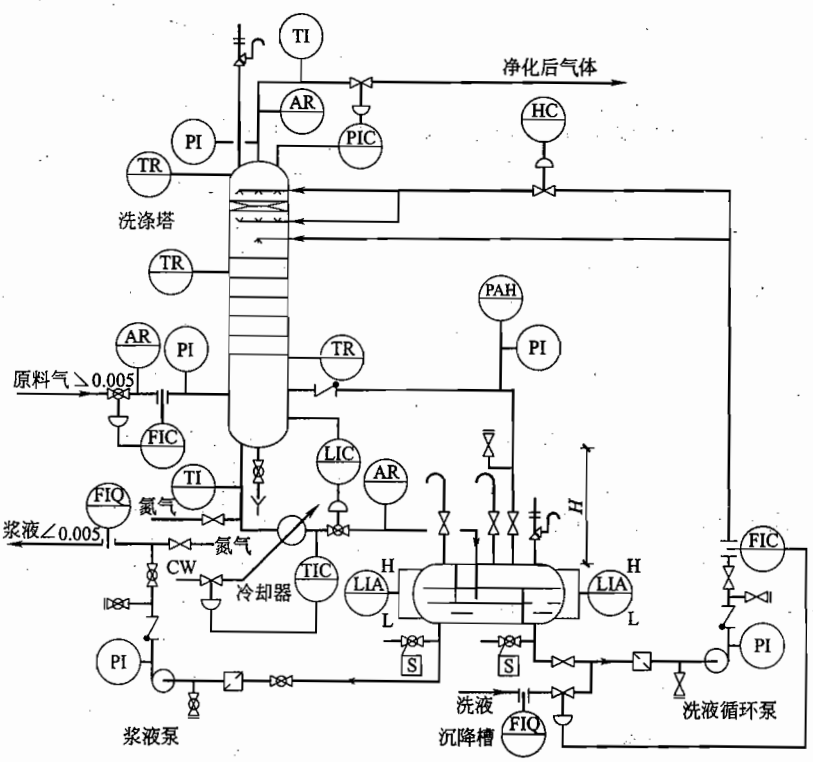


图 23-28 洗涤塔除尘系统基本单元模式

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑧ 洗涤塔与沉降槽之间应有一定的高差，其值应大于塔与槽之间阻力的 1～2m 液柱。

⑨ 洗液不循环使用时，沉降槽即为浆液槽；当洗涤塔釜有足够的容积时，也可取消浆液槽，浆液直接出料。

⑩ 洗涤塔塔顶净化气体管道上的控制阀，根据需要也可与上游设备气相压力构成调节系统。当其上游设备及洗涤塔塔顶压力均不需由该控制阀控制时，则取消控制阀组及相关设施。

⑪ 洗涤塔底出料温度不高、浆液不需冷却即可出料时，冷却器可设置在洗液循环泵的出口侧。

⑫ 工艺需要在洗涤塔顶净化气体出口侧设置专门的除雾设备时，洗涤塔内的分离层可取消。

⑬ 洗液和从气相中洗涤下来的粉料作为下游设备的连续进料时，沉降槽可以取消。在浆液出料管道上，按下游设备要求设置流量控制阀。洗涤塔全部采用新鲜洗液，根据洗涤塔操作要求，在洗液管道上设置流量控制阀或洗涤塔釜液位控制阀。

⑭ 当浆液难以用泵输送时，可直接排放或装桶（车）后外运。或采取沉降槽后设置带搅拌器的浆液槽，使浆液在搅拌下呈悬浮状态由浆液泵送出。

(2) 典型设计示例

图 23-28 为洗涤塔系统的管道及仪表流程图。

含尘气体从底部进入洗涤塔，在塔内上升的过程中与从塔顶喷淋下来的洗液进行充分地逆流接触，从而将其中的粉尘洗涤除去。洗涤后的净化气体从塔顶出来，放空或去下游设备。洗液中含有从气体中洗涤出的粉尘，从塔底出料，经冷却器到沉降槽。在沉降槽洗液被澄清分离出来，经泵送洗涤塔顶循环使用。新鲜洗液于泵前补加，含尘浆液由浆液泵送出。

10 其他

10.1 管道分界

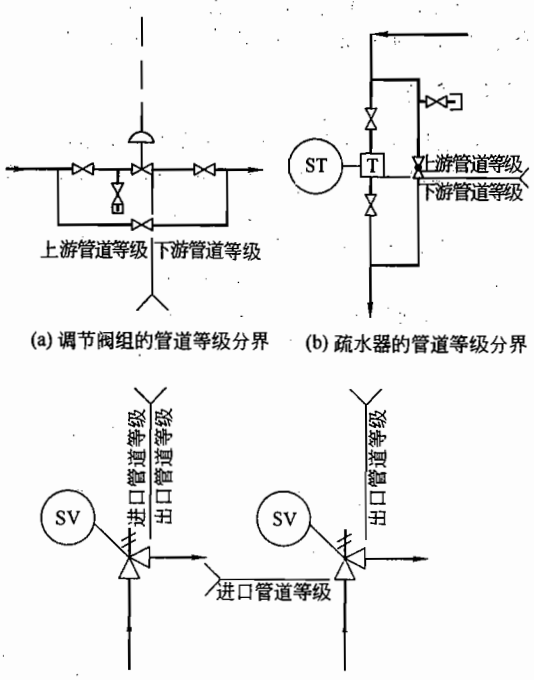
管道等级由管道材料专业根据工艺条件和工程要求，并力求达到经济合理的原则来确定。在工程中，只有两根管道的材质和选用管材的公称压力相同时，标注的管道等级号才是相同的。

当存在不同管道等级的管道连接时，工艺系统专业应在管道及仪表流程图上标注不同的管道等级。

图 23-29 为管道等级分界的表示方法。

10.2 控制阀组

调节阀前后都要设阀门。调节阀选用气开、气关应从工艺安全生产来选择，在根据工艺生产性质确定控制方案时决定。此外，还要考虑调节阀的放净问题。控制阀组常设旁通阀。对于大于一定尺寸（通常为 3″）



(a) 调节阀组的管道等级分界　(b) 疏水器的管道等级分界

(c) 安全阀的管道等级分界

图 23-29　管道等级分界的表示方法

带手轮的调节阀，根据工艺条件，可不设旁路。

10.3 两相流管道

两相流管道，如空冷器的入口管，不能用阀门调节流量。为了使流量分布均匀，管线应当对称配置。

10.4 锁与铅封

对平日不需启闭，只在开停车或事故处理时才使用的阀门，为了避免误操作，平时要用锁锁住或加铅封封住。一般按计划控制的开、停车用阀门，要用锁锁住；而事故处理时使用的阀门则应采用铅封封住，以免因找钥匙而耽误事故处理的时机。

10.5 保温

管道的保温厚度应在管道表上列出，在管道及仪表流程图的管段号后的后缀中亦可看出管道有否保温。当某根管道不是整根都保温时，管道及仪表流程图中应示出管道的保温范围。

10.6 伴热

伴热管道应在管道表上列出，并在管道及仪表流程图中表示其伴热范围。

10.7 夹套管

图 23-30 为蒸汽夹套管在管道及仪表流程图上的表

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

示。图中示出了夹套管的长度、管径、夹套的直径和夹套管的个数，并示出了蒸汽供汽管和蒸汽冷凝水系统。

10.8 取样

① 取样点应由管道一侧的水平方向引出或管道向下45°倾斜引出（液体介质）。对气体介质通常是向上45°倾斜引出。

② 放空管道最小为 *DN*20（3/4″），与设备连接的尺寸与设备管接口相同。而对腐蚀性流体或在低温下是高黏度流体的管道最小为 *DN*25（1″）。

③ 用于工艺分析器时，对液体管道为 *DN*20（3/4″），并选用相同尺寸的节流阀（即针形阀），对气（汽）体管道通常为 *DN*15（1/2″），并选用双节流阀（即针形阀）。

④ 储槽产品管道的取样点应设在控制阀的上游，并尽可能设在靠近污水管道处。

⑤ 从高温设备引出的取样管，要设取样冷却器。一般选用不锈钢水冷式蛇管冷却器，体积不小于0.1m³左右，冷却面积不小于0.25m²。

⑥ 在低温下流体黏度高，需要用蒸气或其他介质吹扫管道和冷却器。

⑦ 取样的类型，详见图23-31～图23-39。

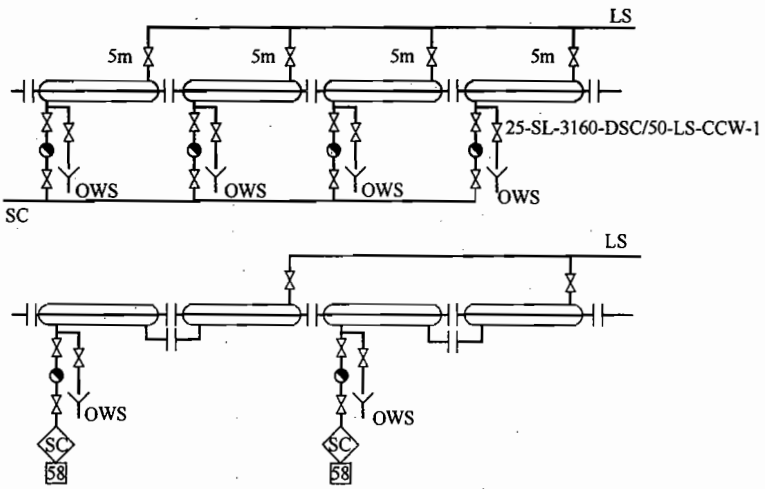


图 23-30 蒸汽夹套管

注：需注明每段夹套管的长度、直径和管径，并注明夹套数

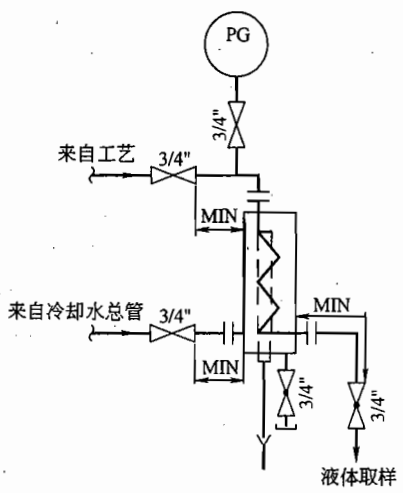


图 23-31 凝液冷却取样

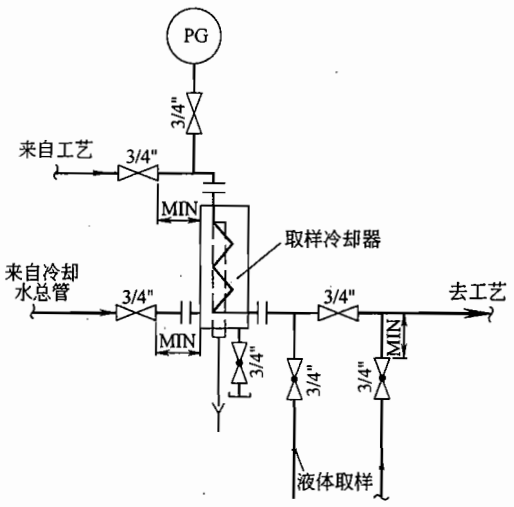


图 23-32 烃类液体冷却取样

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

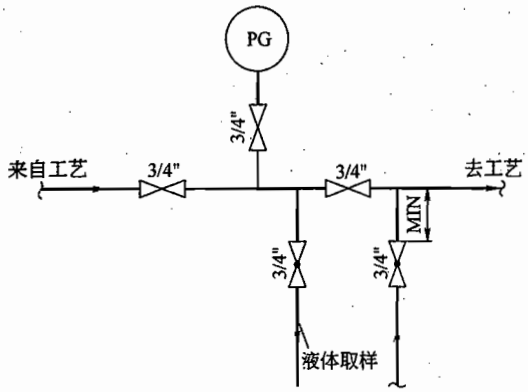


图 23-33　烃类液体取样

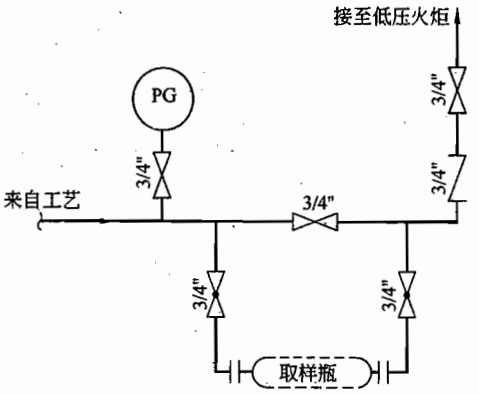


图 23-34　烃类气体取样

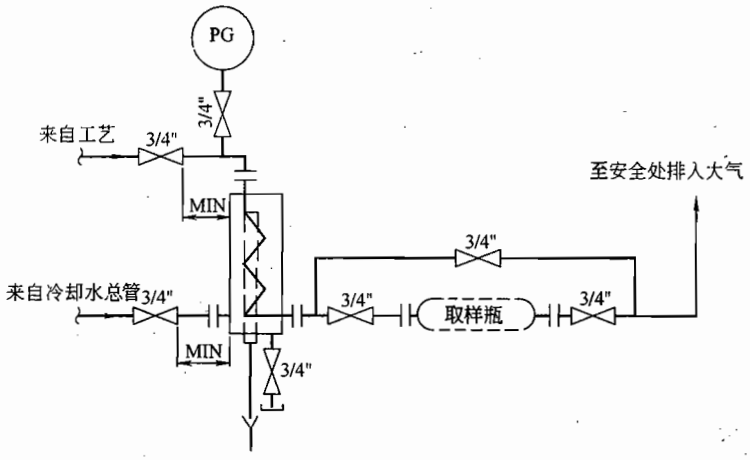


图 23-35　气（汽）体冷却取样

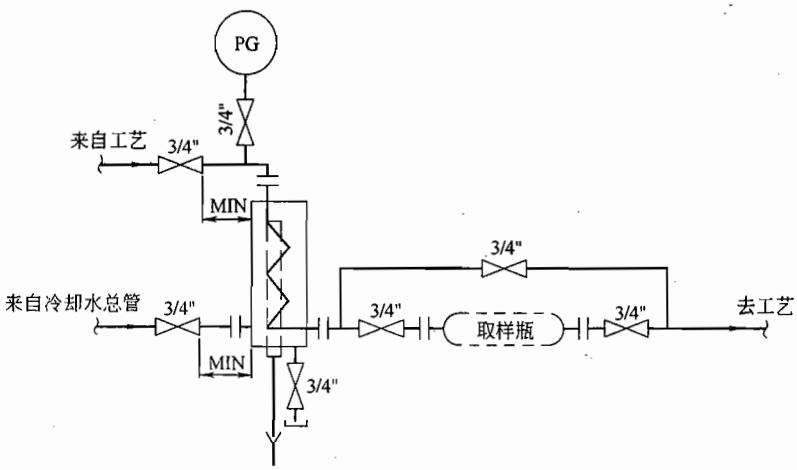


图 23-36　烃类气体冷却取样

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

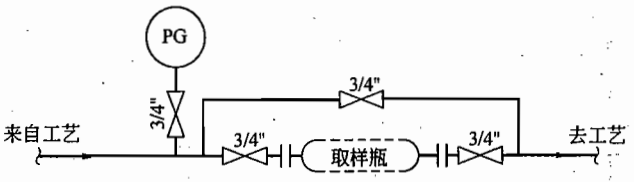


图 23-37 一般气体取样

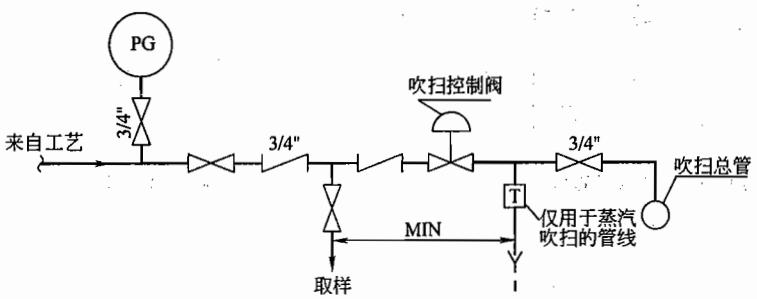


图 23-38 带吹扫取样

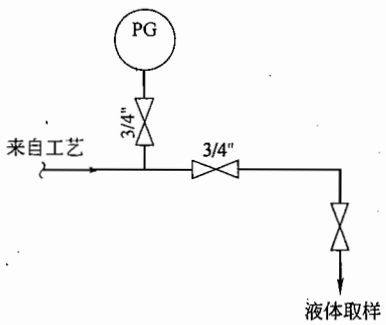


图 23-39 一般液体取样

⑧ 阀门类型。

取样阀的选用。

a. ≤ ANSI300# 用单切断阀，选节流阀或截止阀。

b. ≥ANSI400# 用单截止阀或节流阀，也可用双闸阀。

c. 烃类流体的蒸汽压不小于 0.45MPa 时，选用双节流阀。

d. 腐蚀性介质选用单截止阀或节流阀。

e. 气体管道上常选用 ANSI800#，*DN*10 的节流阀取样。

⑨ 取样（人身保护）箱 对烃类或腐蚀性介质，为安全起见，取样设在取样箱内（即人身保护箱），这样可以明显示明取样处，且小管子不易被碰撞，以保证安全取样。其外形尺寸为 800mm × 400mm × 1100mm（H）操作点离地坪为 800mm，总高不小于 1900mm。箱内可设置冷却器、吹扫气和冷却水，对易燃易炸介质的取样箱内还应设置灭火用水。

参考文献

[1] 王松汉主编. 石油化工设计手册. 北京：化学工业出版社，2002.

[2] 蔡尔辅编著. 化工厂系统设计. 北京：化学工业出版社，1992.

[3] HG 20557～20559—93. 化工装置工艺系统工程设计规定（一）. 1994 11 01 实施.

[4] HG/T 20570—95. 化工装置工艺系统工程设计规定（二）. 1996 09 01 实施.

[5] HG 20559—93. 化工装置工艺系统工程设计规定（三）. 1994 11 01 实施.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第24章 公用工程分配系统和辅助系统设计

1 工业水系统

从自然水源取得的原水经处理后提供给化工装置所需的水，一般称为工业水。大型化工装置一般设置水厂，由水厂供应各用户工业水，工业水一般不经过消毒、杀菌流程；小型装置也有直接使用城市自来水厂的供水。使用地下水作为自然水源，如规格符合要求，也可不经处理直接用作工业水。

工业水的基本用途如下：循环水的补充水；工艺用水的原水，如脱盐水、工艺用纯水；锅炉给水的补充水；公用工程站的用水；场地冲洗水；消防水池的水源；储罐的冷却喷淋水；换热器的冷却水等。通常由给排水专业设计人员设计总管和主要支管系统，各用水单元用方框图表示；简单的用户也可由工艺系统设计人员直接在总系统图上表示。

2 冷却水系统

冷却水为冷却器和冷凝器及泵、压缩机或其他需冷却的设备提供冷却介质，根据工艺装置中各用户的热负荷和冷却水的进出口温差计算冷却水消耗量，并计算工艺装置冷却水平衡，得到冷却水总消耗量，冷却水系统的设计量为冷却水总消耗量的125%为宜。

冷却水分配系统图一般在设备布置图确定后绘制，每个用户的冷却水管管径根据水量和允许的压力降确定；对于用户较多、比较复杂的冷却水系统，每个用户的进水管由区域冷却水进水支总管提供，进水支总管由冷却水进水总管提供。同时，每个用户的回水管合并成一根区域回水支总管，区域回水支总管再合并成回水总管，回到排放口或冷却水塔。

冷却水总管的末端一般应用盲法兰封死，需要时可以打开，用水进行冲洗；为了防冻，在冷却水供、回水总管和支总管的末端设一 *DN*25 的旁通阀。

冷却水可以用工业水、深井水、海水和循环水等，大多数化工装置是采用循环水。冷却水的进、回水总管，区域进、回水支总管（必要时）应设置温度、压力指示，换热器和其他用冷却水用户的冷却水控制仪表应绘制在主工艺流程图上。

3 蒸汽和蒸汽冷凝水系统

3.1 蒸汽系统

在进行蒸汽和蒸汽冷凝水系统设计之前，首先要根据工艺装置里用户的需要，计算整个工艺装置的蒸汽平衡，确定不同等级蒸汽的消耗量，并计算蒸汽管道的管径。

一般一套装置的蒸汽可分成高压、中压和低压三个等级的蒸汽，有些装置还使用超高压蒸汽。通常由锅炉或工业装置的废热锅炉提供蒸汽驱动压缩机和泵的透平，或作为换热器的热源。抽汽式透平可提供低一级的中压蒸汽或低压蒸汽，蒸汽除供工艺加热外，还应考虑吹扫、蒸汽伴热甚至采暖等使用。中、低压蒸汽系统蒸汽量不够时，可用高一级的蒸汽通过减温、减压后补入。蒸汽平衡应根据以下不同工况编制。如：正常工况，开车工况，夏季工况，冬季工况，蒸汽大用户的备用工况（用汽，电备用），蒸汽用户的连续、间隙工况等，以确保工艺装置能在不同工况正常运行。

设计蒸汽系统时，蒸汽支管必须从蒸汽总管上部引出，汽轮机等重要设备所用蒸汽管道应从蒸汽总管上直接引出，以免其他用户耗汽量变化时，引起汽轮机供汽量的变化，影响汽轮机的正常操作。对于超高压蒸汽和高压蒸汽［≥4.5MPa（G）］，放净阀应设置双切断阀，同时，排出的凝液不能进入蒸汽凝液系统，而应引入一段切断的管道，以降低噪声，气体从管道顶部排入大气，液体进入无污染排放。

过热蒸汽总管只在刚开车时产生凝液，正常运行时并不产生，所以过热蒸汽的总管不需设置疏水阀，但在低点，立管底部及系统末端要设置排净接口。饱和蒸汽管道每隔90～250m要设置疏水器，在系统的低点及系统的末端要设置排净口，以排出管道内的凝液；在调节阀前及切断阀前要设导淋，排出凝液。蒸汽系统要按工程规定进行保温。

减温、减压装置及背压式汽轮机的抽汽管线上要设置安全阀，以防止减温、减压装置及背压式汽轮机发生故障时，系统发生超压。各级蒸汽可设减温、减

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

压装置，既可作为汽轮机发生故障的备用措施，又可作为少量蒸汽调节的手段。

3.2 蒸汽冷凝水系统

蒸汽冷凝水可作为锅炉给水的水源，加以回收利用。当蒸汽冷凝水被用作锅炉给水时，必须经处理达到锅炉给水的水质要求。针对不同来源的蒸汽冷凝水，采用不同的处理方法。

来自蒸汽汽轮机的凝液，经表面冷凝水过滤器除铁，并入一级脱盐水箱，送至混床，然后再进入除氧器；来自用超高压蒸汽、高压蒸汽和中压蒸汽作加热介质的换热器的凝液，被加热介质为有机化工原料污染的可能性很小，所以不作处理，直接进入除氧器；来自保温、伴热及低压蒸汽换热器和再沸器的冷凝水，集中到低压蒸汽闪蒸罐进行闪蒸，经冷凝水碳过滤器过滤后，再进入除氧器。除氧器内水的温度要加热到蒸汽的饱和温度，经除氧后送入锅炉给水泵。锅炉给水进入锅炉、废热锅炉就能得到高压蒸汽或超高压蒸汽。

4 锅炉给水系统

锅炉给水系统提供锅炉和废热锅炉所需的纯净水。锅炉给水的水源，可以是水厂提供的低硅水，也可以是蒸汽冷凝水。锅炉给水的水质要求和锅炉产生蒸汽的压力有关，不同供汽压力锅炉给水的水质要求见表 24-1。

表 24-1 锅炉给水的水质要求

汽包压力/10Pa(G)	2.1	4.5	6.2	>6.2
氧气/(μg/g)	0.007	0.007	0.007	0.0
二氧化碳/(μg/g)	0.0	0.0	0.0	0.0
硬度($CaCO_3$)/(μg/g)	0.5	0.2	0.1	0.0
铁/(μg/g)	0.05	0.03	0.02	0.01
铜/(μg/g)	0.03	0.02	0.01	0.005
油/(μg/g)	0.3	0.2	0.1	0.0

化工工艺装置中如要求使用纯净水，除特殊要求外，通常的做法是使用锅炉给水，同时锅炉给水的产热也会利用工艺装置的余热，因此，应综合考虑锅炉给水的水量和热焓的平衡。一般的做法是将锅炉给水、蒸汽凝液同时作平衡，并以此为依据作系统设计。

5 工业和仪表用压缩空气系统

工业和仪表用压缩空气系统是为工艺装置提供足够的工业和仪表用压缩空气，以保证工艺装置的正常运行。工业用压缩空气系统用于工艺（催化剂输送和处理，扫线，蒸汽-空气清焦等）、清扫和置换等；仪表用压缩空气系统只向仪表及仪表系统供应相应规格的压缩空气。

工业用压缩空气系统和仪表用压缩空气系统要分列两根独立的总管，不允许任何仪表用户接在工业用压缩空气系统上。因为仪表用压缩空气系统必须是干燥、不含杂质和油的，以保证仪表的可靠运行。为了防止仪表用压缩空气系统或仪表中产生冷凝，仪表压缩空气的露点要低于建厂地区最低户外温度 10℃（按干燥周期末端空气的最大含湿量计算）。

工业用压缩空气系统和仪表用压缩空气系统以及后面章节提到的惰性气体系统，可以在一张系统图上表示，具体根据设备布置图，一一列出需要工业用压缩空气和仪表用压缩空气以及惰性气体（氮气）的用户，并标清该用户所在的 PID 图号，以便查阅及校核。

6 燃料气系统

在进行燃料气系统设计前，首先，应计算燃料平衡（燃料包括燃料气和燃料油），据此作出燃料分配系统图（包括燃料气和燃料油），附图的燃料分配系统图包括了燃料气系统和燃料油系统。

为了保证能为工艺装置可靠地供气，需配备备用气源，在附图中，一股气源是甲烷气，另一股备用气源是 C_3 液化气，在开车时使用，同时也作常备用，并保证燃料气的压力稳定。这两股气源可取自装置内，也可由装置外送来。

对于 C_3 液化气（或比 C_3 液化气更重的组分），应设燃料气蒸发器，使 C_3 液化气完全气化，没有液滴。在使用含有不饱和烃的液态烃蒸发作气源时，为了防止在气体输送管道中液相冷凝发生聚合，气相管道应采用夹套伴热。考虑到各烧嘴的燃料气流量的平衡，燃料气配管应对称布置。

燃料气系统的切断阀应采用旋塞阀或球阀，因为旋塞阀或球阀启动方便、迅速，可以快速打开或关闭燃料气。

7 燃料油系统

燃料油系统为工艺装置提供油源。首先，应计算燃料平衡（燃料平衡中燃料包括燃料气和燃料油），据此，作出燃料分配系统图（燃料气系统已有说明）。燃料油系统应按燃料油的性质和烧嘴的要求决定供油的温度、压力，并加入雾化蒸汽，使燃料油能很好地雾化无烟燃烧。在使用含有轻组分的燃料油时，要特别注意在一定温度下，油品在经过减压元件（如孔

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

板、调节阀、烧嘴等）可能会闪蒸而变成气、液两相，使烧嘴不能稳定燃烧，因此，应向烧嘴供应商提供组分分析或者蒸馏曲线，并要求烧嘴供应商提供烧嘴的入口所需的压力，在系统设计中严格计算各压力的气、液相平衡，以确保系统稳定。为了保证各烧嘴的燃料油流量基本相等，燃料油配管应尽量对称布置，支管应从总管底部引出。

一般情况下，工艺系统设计人员应绘制燃料分配系统图，图 24-6 所示为燃料分配系统图。

8　惰性气体系统

惰性气体主要用于吹扫不允许含有氧气的工艺过程和产品，以免产生危险或发生不应有的化学反应。采用氮气或蒸汽吹扫，可以从工艺设备和管道中把危险气体或可燃气体吹出，保证能安全地打开设备，进行检查和维修。

惰性气体必须满足下列要求。

① 气体本身是不可燃的，气体不会助燃，气体中的含氧量小于 2%。常用的惰性气体为蒸汽、氮气。

② 惰性气体系统应根据使用量和具体设备的布置图，从氮气总管引出区域支总管，供公用工程站及每个区域里的用户（例如泵、储罐等）使用，并标清该用户所在的 P&ID 图号，以便查阅及校核。

9　火炬排放系统

火炬排放系统设置目的是将工艺装置中设备、管道上的安全阀、泄压阀、排放阀等在不正常操作（或事故）时排放的可燃物料，开停车时必须要排放的可燃物料和试车中暂时无法平衡时所必须排出的可燃物料收集并送到火炬筒顶部的火炬头及时燃烧排放，以确保装置的安全运行，并使其符合大气排放标准，减少对环境的污染。

火炬排放系统图就是各个安全阀、泄压阀等排放源以系统流程图的形式表达，火炬系统中各个需要排放设备的位置与设备布置图相同，局部管道集中于分支总管，分支总管再合并成一根总管，进入火炬气液分离罐；气相直接到火炬筒，冷凝下来的液相通过蒸汽盘管加热汽化后，再送入火炬筒。火炬筒底部还有一底部气液分离罐，分离的液体由蒸汽盘管加热汽化后排至火炬头，气液分离罐的底部设置泵，由液位控制排放的多余液体并送出处理。

10　安全阀

化工生产装置中，为了防止因火灾、操作失误或其他原因引起系统压力超过容器和管道的设计压力而发生爆炸事故，应设置防超压用的安全阀，使系统能及时泄压。

所有的压力容器都需要设置泄压设施。

对于管道一般不需要设置安全阀，而制冷剂管道和液化石油气管道，当两端阀门被切断时，要设液体受热膨胀或气化泄压用的安全阀。

安全阀与压力容器有关的压力关系见表 24-2。

表 24-2　安全阀与压力容器有关的压力关系

压力容器要求	容器压力	安全阀典型特性
火灾用最大允许积聚压力	121%	火灾用最大排放压力
非火灾用并联安全阀最大允许积聚压力	116%	非火灾用并联安全阀最大排放压力
非火灾用单个安全阀最大允许积聚压力	110%	非火灾用单个安全阀最大排放压力及火灾用辅助安全阀最大允许设定压力
	105%	非火灾用辅助安全阀最大允许设定压力
最大允许工作压力或设计压力(见注 4)	100%	单个安全阀最大允许设定压力
		回座压力(见注 5)
		单个安全阀的关闭压力
最大预计的操作压力(见注 5)	90%	泄漏测试压力

注：1. 此表符合 ASME《锅炉和压力容器规范》第八章节对于最大允许工作压力大于 30psig 的要求。

2. 压力要求仅针对安装在压力容器上的安全阀。

3. 允许的设定压力误差取决于其所采用的规范。

4. 最大允许工作压力应大于等于相应设计温度下的设计压力。

5. 操作压力可能大于或小于 90%。

10.1　安全阀的选型

排放不可压缩流体（如水和油等液体）时，应选用微启式安全阀；排放可压缩流体（如蒸汽和其他气体）时，应选用全启式安全阀。

(1) 通用式安全阀

通用式安全阀的操作基于压力平衡，当安全阀的进口压力超过设定压力时，隔膜上的压力克服弹簧压力，使安全阀立即打开；当进口压力低于设定压力时，安全阀即会关闭。当积聚背压太高或附加压力与设定压力相比变化很大，及介质具有腐蚀性时，不能选用通用式安全阀。因为腐蚀性介质会损坏安全阀的弹簧及其他部件。

(2) 平衡式安全阀

平衡式安全阀利用波纹管或活塞最大限度地减少或取消附加压力对设定压力的影响。当积聚压力太大或与设定压力相比附加压力变化很大时，不能采用通用式安全阀，而应采用平衡式安全阀。平衡式安全阀

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

可用于总背压（附加背压加积聚背压）不超过设定压力50%的工况。当可压缩流体（不包括多相流）的背压超过设定压力的50%时，就变成亚临界流动，这时就应要求安全阀制造商提供背压修正系数或安全阀操作的特殊限制。

(3) 导杆式安全阀

导杆式安全阀是由导杆控制的安全阀，不受背压的影响，对于排放总管压力很高的也能排放。对于可压缩流体，在临界流的条件下，导杆式安全阀的设定压力和排放量不受背压的影响，背压修正系数为1.0。导杆式安全阀的导杆结构有流动的和不流动的两种形式，流动的导杆形式就是当主阀打开时，工艺介质连续地通过导杆；不流动的导杆形式就是当主阀打开时，工艺介质不通过导杆，所以可用于结冰或带有固体的工艺介质。与软密封的弹簧式安全阀相似，大多数导杆式安全阀的阀体和导杆是非金属的，工艺介质的温度和流体的压缩性就限制了它的使用。

10.2 主要名词术语

(1) 安全阀的定压

安全阀入口处的静压达到该值时，安全阀立即动作。

(2) 最大允许工作压力

系指在设计温度下，容器顶部所允许承受的最大压力。此压力值依据设备计算中的正常厚度、金属腐蚀裕度、负载和压力等确定。最大允许工作压力是设定安全阀压力、保护设备的基础。最大允许工作压力通常大于设计压力，但当最大允许工作压力无法确定时，最大允许工作压力必须等于设计压力。

(3) 积聚

系指在安全阀排放过程中，超过容器最大允许工作压力的压力，用压力单位或用最大允许工作压力或设计压力的百分数表示。

(4) 超压

超过安全阀设定压力的压力，用压力单位或用设定压力的百分数表示。当压力容器最大允许工作压力与安全阀的设定压力相等时，则超压与积聚值相同。

(5) 最大允许积聚压力

系为安全阀最大允许工作压力与最大允许积聚之和。

(6) 背压

是由于排放系统有压力而存在于安全阀出口处的压力，背压可以是固定的，也可以是变化的。背压是附加背压和积聚背压之和。

(7) 附加背压

当安全阀未启动时，由于其他阀排放而存在于安全阀出口的静压，它可能是固定的，也可能是变化的。

(8) 积聚背压

当安全阀打开后，由于排放使主管中增加的压力。

(9) 回座压力

设定压力与安全阀关闭压力之差，以设定压力的百分数或压力单位表示。

(10) 操作压力

容器正常操作时的压力。压力容器的设计通常有一最大允许工作压力。它为操作压力提供合适的余量，以阻止安全阀不合需要的打开。

(11) 泄放条件

用于表示安全阀超压时的进口压力和温度。泄放压力等于安全阀的设定压力加超压，泄放温度为泄放条件下的流体温度，它可能高于操作温度，也可能低于操作温度。

10.3 安全阀的管道设计

根据安全阀的最大排放量计算安全阀的进、出口管径，安全阀应尽量靠近被保护的设备或管线，并使安全阀的入口管线尽量减短。根据装置出口点的压力界区条件，计算支管和总管的管径。由于烃类物料在经过安全阀减压后会发生闪蒸并迅速冷却，所以应计算安全阀出口物料闪蒸后的温度，以确定安全阀出口管道的设计温度。安全阀入口管线一般不设切断阀，如果必须设置，切断阀应是铅封在开启状态，而且不影响安全阀的操作，安全阀入口管道的管径不小于安全阀的入口直径；安全阀出口管道一般不设切断阀，如果必须设置，切断阀应是铅封在开启状态，安全阀出口管道的管径不小于安全阀的出口直径。安全阀旁通切断阀应是铅封在关闭状态，切断阀应是全通径的闸阀或旋塞阀，其直径和管道相同；闸阀的阀杆应水平安装或向下安装。

10.4 安全阀排放量的计算

10.4.1 超压原因

超压是系统中某一部分物料或能量不平衡，或物料和能量同时不平衡引起的。安全阀的设置要保证一个工艺系统或工艺系统中的任何一个工况的压力不能超过最大允许积聚压力。

系统压力设计包括压力容器、换热器及其他设备、管道等。系统压力的设计基于：正常操作温度下的正常操作压力；任何一个外界因素的影响，就会引起操作发生变化；压力泄放装置的设定压力。系统设计必须确定最小泄放量，以防止系统中的任何一台设备超过最大允许积聚压力。

10.4.2 超压来源

最通常的超压能量来源有两个：一是能量输入

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

通过气化或热膨胀间接导致压力升高；二是直接较高压力的进入，以上一个或两个因素都可能引起超压。

安全阀最大排放量是指能够排放任何一个单独原因而引起的超压。两个毫无关联的故障同时发生的概率很小，所以通常不必考虑。

因为温度和压力会影响液体和气体的体积和组成，所以确定每个排放量时要考虑温度和压力。当液体加热时可能变成气体。因为密闭容器压力的增加及热量的进入，改变了平衡，产生了气体。在大多数情况下，容器内是由不同沸点、不同组分组成的混合物。沸点低的组分首先蒸发，随着热量的不断进入，较重的组分也开始蒸发，最后，只要进入热量足够多，最重的组分也蒸发了。在泄压过程中，要研究不同时间的气体排放量和摩尔质量，以确定最大排放量和气体的组成。

排放压力有时会超过系统组成的临界压力（或伪临界压力）。在这种情况下，就要参考压缩系数与密度-温度-热焓之间的相互关系。如果超压是由多余物料流入引起的，多余的物料就要在进、出焓相等条件下计算出的温度下排放。系统中如果没有其他的进出物料，超压就是由外部额外热量引起的，这外部输入的热焓等于容器中还在或已蒸发物料之和。通过计算或作图累计排放量与时间的关系，瞬间的最大排放量就可得到。最大量排放量通常在临界温度附近。

10.4.3 单个安全阀排放量确定

单个安全阀的排放量，应依据以下不同的超压原因分别确定。

(1) 操作人员的影响

决定最大排放工况还要考虑操作人员的反应和对一连串误操作的理解。通常可接收的反应时间为10～30min之间，这取决于装置的复杂程度。反应时间的有效性还取决于反应动力学。

(2) 关闭出口阀

当设备或系统所有的出口阀关闭时，为了保护设备或防止系统超压，最大排放量要大于等于超压源。如果不是所有的出口阀门关闭，没有关闭的出口阀排放量也要适当地考虑。超压源来自泵、压缩机、高压供应总管、可挥发性气体。这种情况发生在换热器中时，关闭出口阀会引起热膨胀，或者产生气体。

排放量是设定压力加上超压的排放量，而不是正常操作压力下的排放量。当这一区别没有考虑到时，排放量常会大大减少。在确定排放量时，还要考虑到超压管线与排放管线之间的摩擦损失。

(3) 冷却或回流发生故障

需要的排放量取决于系统排放压力下的热量和物料平衡。在蒸馏系统，排放量计算取决于有无回流。冷媒停止时，剩余的冷量通常不考虑，因为这部分冷量发生作用的时间是非常有限的，并且取决于配管的实际布置。如果工艺配管系统超常规的大，并且不保温，就要考虑热损失。

因为详细的热量平衡和物料平衡计算有困难，以下仅列出通常确定排放量的原则。

① 全凝　排放量为进入冷凝器的总的气体量，温度是根据对应设定压力加上超压的新气相组成和同时进入的热量计算的，在正常液位的顶部积聚的脉冲量通常限于10min之内。如果冷媒发生故障超过这个时间，回流也没有，顶部的组分、温度和气相量会有很大的变化。

② 部分冷凝　排放量为排放条件下，进出气体量之差。进入的气体量应该按全凝的基准计算；如果回流的组成或回流量改变，进入冷凝器的气体量就应该由新的条件决定。

③ 风扇发生故障　因为自然对流的作用，即使风扇发生故障，如果排放条件没有明显不同，通常还有正常能力20%～30%的冷凝量，排放量分别是全凝或部分冷凝这两种工况的70%～80%。然而，实际冷凝量通常取决于空冷器的设计性能，如果风扇和机械夹点出现，就会降低冷却能力。

④ 百叶窗关闭　空冷器的百叶窗关闭，就是整个冷媒发生故障，排放量计算同a及b。百叶窗关闭可能来自自动控制发生故障，机械连接发生故障，或者在手动位置的百叶窗发生破坏结构性的振动。

⑤ 顶部回流　在大多数情况下，例如：泵关闭或阀门关闭都会引起回流发生故障，进入冷凝器的流量就等于a或b的失去冷媒的量。停止回流会产生不同的气相组成，这会影响排放量。在这种情况下，安全阀尺寸是考虑冷媒全部停止的工况，但每种工况必须通过测试相关的部分组分和系统得到。

⑥ 泵的循环　排放量就是气化量，它是泵循环中获得的热量引起的。气化潜热就是在排放温度、压力下的潜热。

⑦ 顶部回流加上泵的循环　顶部回流和泵的循环通常不会同时发生故障，但是，一个部分故障和一个全部发生故障还是可能的，排放量同上述⑤和⑥。

⑧ 侧线回流停止　同上述⑤和⑥。排放量足够大，以便排放从系统获得的热量而产生的气化量。

(4) 吸收流发生故障

对于碳氢化合物的贫油，通常贫油发生故障不会引起排放；而对于酸性气体脱除系统，大量的气体（大约25%或更多）会被吸收剂吸收，如果失去吸收剂，因为下游系统不能处理增加的流量，会使压力升高到排放压力。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(5) 不凝性气体积聚

随着工艺物流的释放，不凝性气体在正常条件下不会积聚，然而有某种管道布置，会使不凝性气体积聚在某一点，引起冷凝器破裂，这一作用相当于失去冷媒。

(6) 易挥发物料进入系统

① 水进入热油　虽然水进入热油会引起超压，但没有公认的方法计算排放量。如果进入的水量和热量可确认，排放阀阀径计算与物料阀门一样，但进入的水量是很难知道的。同时由于从液体到气体的体积膨胀如此之大（常压下，约为1∶1400），产生的气体是瞬时的，阀门能否快速打开是个问题。通常，为这一偶然事故不提供压力排放装置。在工艺设计和操作中力争取消这种可能性。为了避免水积聚形成袋形应安装蒸汽凝液疏水阀，在水到热工艺管线上安装双切断阀和放空阀。

② 烃进入热油　与上述水进入热油工况相同，轻烃进入热油，从液体变成气体的速率不小于1∶1400。

(7) 工艺物流上的自控阀发生故障

① 总则　设备或系统上的自动控制阀直接受工艺控制或间接受工艺变化控制（例如：压力、流量、液位或温度）。当自控阀发生故障时，自控阀应该保证根据基础设计的要求，处于全关或全开的位置。

② 排放量确定　计算任何工况的排放量，不考虑因控制阀而引起排放，也就是控制阀所在的位置，应能保证正常工艺流量通过。正常的阀门位置首先是考虑设计能力和系统关闭的工况，而不是考虑事故。因此，如果流过控制阀的条件不改变，就要修改这些控制阀的正常流量，更改排放条件，保证下游系统能处理增加的流量。

③ 控制阀进口　控制阀进口可能有一根或多根进口管道。对于只有一根进口管道的控制阀，只考虑全开位置，而不考虑控制阀发生故障的位置。控制阀打开，也可能是仪表发生故障或误操作引起的。对于有多根进口管道的控制阀系统，应保证在这些管线上的任何一个控制阀应在它的正常操作位置，因此，排放量是预期的最大进口流量与正常出口流量之差，假设条件是：这系统中一个控制阀关闭，而其他控制阀仍在正常操作点（即：正常打开，正常关闭或节流）。如果控制阀的一个或多个出口关闭，或者使控制阀的多个进口打开，并引起控制阀的第一个进口打开，排放量为预期的最大进口流量与打开的出口流量之差。

④ 控制阀出口　每个控制阀出口在确定排放量时应考虑全开和全关位置，不考虑由于仪表系统发生故障或误操作而引起控制阀处于错误的位置。如果一个或多个进口阀由于出口阀错误关闭而打开，压力排放装置应满足阻止超压的要求，排放量是最大进口流量与最大出口流量之差，要计算排放条件下的所有流量，也要考虑控制阀操作工粗心引起的关闭。

⑤ 特殊排放量的考虑　虽然控制阀，例如：隔膜阀的规格和尺寸只考虑正常操作工况，但在非正常工况下，例如安全阀排放时，这些控制阀也能操作。阀的设计和操作位置应符合非正常工况下的控制信号，由于泄压条件下的排放量与正常工况下的排放量是不同的，因此在计算控制阀的能力时要根据排放工况的温度和压力来确定排放量。

排放量是排放条件下气体产生的最大流量（包括来自过热产生的不凝性气体），少于正常的凝液量或气体量。

(8) 内部爆炸（不包括爆燃）

气体和空气混合物引起内部爆炸时，超压保护应该采用爆破片而不采用安全阀，因为内部燃烧扩散引起的快速升压如采用安全阀保护容器就太慢了。排放面积取决于以下因素。

① 初始条件（温度、压力、组成）。

② 明确的燃烧扩散气相或气体的物性。

③ 容器的体积。

④ 排放装置的起跳压力。

⑤ 发生爆炸事故时的最大压力。

(9) 化学反应

化学反应紧急事故的排放气管直径，按以下方法确定。

① 确定化学反应非正常工况的设计基础。

② 通过实验测试计算非正常工况的系统特性。

③ 通过两相流计算公式计算管径。

化学反应失控通常与下列因素有关：外部火灾，失去混合，失去冷却，以及试剂装载错误等。

(10) 电力故障

确定发生电力故障时的排放量，要仔细研究电力故障对哪些设备有影响，这些故障是如何影响装置生产的。

(11) 液体膨胀

液体膨胀是指温度升高引起体积增加，通常由以下原因引起。

a. 充满冷液的管道或容器被切断时，因为蒸汽伴热、盘管、环境热量或火灾获得热量。

b. 换热器冷侧切断，冷侧的液体被热侧加热。

c. 充满常温液体的管道或容器被切断，管道或容器里的液体被辐射热加热。

① 管径和设定压力　因为每种实际情况液体排放量是很小的，所以要确定合理的、而不是安全系数过大的安全阀。

选择合适的设定压力，应该研究系统关闭时所有的设计流量，设定的热膨胀压力决不能大于被保护系统的最大压力。如果只有液体膨胀一种工况，安全阀

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

的设定压力要设得较高；如果安全阀出口进入一个封闭系统，应考虑背压的影响。

② 特殊工况 地面上不保温的大管径、长管道和大型容器或充满液体的换热器上安装安全阀时，通常大于 3/4in×1in。在常温或低于常温的长管道两端的进出口阀门关闭时，阳光辐射引起的温度升高可通过计算得到，如果已知总热量传递速率和液体的热膨胀系数，就可按式（24-1）计算液体膨胀排放量。

$$W=\frac{BH}{c_p} \tag{24-1}$$

式中 W——质量排放流量，kg/h；

B——体积膨胀系数，1/℃；

H——正常工作条件下最大传热量，kJ/h；

c_p——比定压热容，kJ/(kg·℃)。

(12) 外部火灾

① 外部火灾对湿润表面容器的影响

容器内液面之下的面积统称为湿润面积。发生火灾时，外部火灾传入的热量通过湿润面积使容器内的物料气化，通常湿润面积只考虑容器高度 7.5m 以下的湿润面积，7.5m 以上部分不考虑。湿润面积包括火灾影响范围内的管道外表面积。

a. 对于充满液体的容器，湿润面积为 7.5m 高度内的表面积。

b. 对于缓冲罐、分离罐和工艺容器，湿润表面为正常液面不高于 7.5m 下的表面。

c. 精馏塔的湿润表面为塔底正常高度和 7.5m 高度内塔盘上液体部分的表面积之和。

d. 储罐的湿润面积为 7.5m 高度内的表面积。

e. 球形容器的湿润面积为半球表面积或距地面 7.5m 高度内水平截面积中的较大者。

② 容器外壁纠正系数（F） 容器壁外的设施可以阻碍火焰热量传至容器，容器外壁纠正系数（F）反映其对传热的影响。

a. 根据《压力容器安全技术监察规程》的规定，容器外壁纠正系数 F 分别取值如下。

容器在地面上无保温 $F=1.0$

容器在地面下用砂土覆盖 $F=0.3$

容器顶部设有大于 10L/(m²×min) 的水喷淋装置，$F=0.6$

容器在地面上有良好保温时，F 值按式（24-2）计算

$$F=\frac{4.2\times10^{-6}\lambda}{d_o(904.4-t)} \tag{24-2}$$

式中 λ——保温材料的热导率，kJ/(m·h·℃)；

d_o——保温材料厚度，m；

t——排放温度，℃。

容器在地面之下和有砂土覆盖的地上容器，按式（24-2）计算，将其中的保温材料的热导率和厚度换成土壤或砂土相应的数值。

因保冷材料不耐烧，故保冷容器的 $F=1.0$。

③ 安全排放量

a. 根据《压力容器安全技术监察规程》，其规定如下。

无保温层

$$W=\frac{2.55\times10^5FA^{0.82}}{H_L} \tag{24-3}$$

式中 W——安全排放量，kg/h；

A——总湿润面积，m²；

H_L——排放条件下汽化热，kJ/kg；

F——容器外壁纠正系数，取 $F=1.0$。

有保温层

$$W=\frac{2.61(650-t)\lambda A^{0.82}}{H_Ld_o} \tag{24-4}$$

式中 W——安全排放量，kg/h；

A——总湿润面积，m²；

H_L——排放条件下汽化热，kJ/kg；

λ——保温材料的热导率，kJ/(m·h·℃)；

d_o——保温材料厚度，m；

t——排放温度，℃。

b. 根据美国石油学会标准 API—520 中规定，对于有足够的消防保护措施和有能及时排走地面上泄漏的物料措施时，容器的排放量为

$$W=\frac{1.555\times10^5FA^{0.82}}{H_L} \tag{24-5}$$

或采用式（24-6）计算

$$W=\frac{2.55\times10^5FA^{0.82}}{H_L} \tag{24-6}$$

式中，符号同式（24-3）。

(13) 外部火灾对无湿润表面容器的影响

无湿润表面容器是指容器内是蒸汽、气体或超临界流体，以及在正常条件下是气、液两相，但在排放条件下变成全气相。

无湿润表面容器在外部火灾情况下，容器将在短时间内由于金属材料的软化而发生破坏。设置安全阀不能保护这类容器不受破坏，因此要采用安装水喷淋、防火、埋设于地下等措施，使容器远离易燃的物料。安全排放量计算见式（24-7）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$W=\frac{8.764\times(MP_1)^{0.5}A_1(T_W-T_1)^{1.25}}{T_1^{1.1506}} \quad (24\text{-}7)$$

式中 W——安全排放量，kg/h；

M——分子量；

P_1——排放压力，MPa（A）；

A_1——距地面7.5m以下的容器外表面面积，m^2；

T_W——金属壁温，对于碳钢 $T_W=866K$；

T_1——气体温度，$T_1=\frac{P_1}{p_n T_n}$，K；

p_n——气体正常操作压力，MPa（A）；

T_n——气体正常操作温度，K。

(14) 换热器管破裂

根据ASME规范，换热器和类似的容器应该安装安全阀，以保护换热器在内部发生故障时，避免超压。具体体现以下四个问题。

a. 预计内部故障的形式和范围。

b. 排放量的确定。

c. 选择快速起跳的安全阀以避免超压。

d. 选择合适的安装位置，以便及时检测到超压。

换热器管破裂，会使大量高压侧流体流入换热器低压侧，而引发事故，极小的泄漏会引起换热器超压。标准的水压试验压力是设备设计压力的1.5倍，所以换热器低压侧的设计压力应不小于高压侧设计压力的2/3，如果实际的低压侧试验压力低于1.5倍的设计压力，低压侧就应确定是否需要设安全阀。低压侧的设计压力大于等于2/3高压侧设计压力，低压侧就不需要设安全阀。对于新设计的换热器，可提高低压侧的设计压力以减少风险。

如果换热器低压侧的设计压力小于高压侧的设计压力的2/3时，则应作为事故工况考虑，在低压侧设置安全阀。

(15) 单个安全阀排放量汇总（见表24-3）。

11 化学品注入系统

根据工艺要求，有些设备需加入化学品，如：甲醇、阻聚剂等，以达到防冻和防止设备中的物料聚合的要求。通过化学品注入系统图，可以很清楚地表示出工艺装置中需要加入化学品的具体设备，并且在被注入的设备处标明该设备所在的工艺管道仪表流程图图号，并与工艺管道仪表流程图上的设备进口一一对应。这样，便于查找。

如果工艺装置所需的化学品为两种或三种，也可以通过一张化学品注入系统图表示。

12 含油污水排放系统

含油污水排放系统是处理工艺装置生产过程中产生的含油污水，由隔油、加药和浮选三部分组成，处理后的废水再排入污水处理厂。

从工艺装置各个排污点排出的污水汇总成一根总管排入含油污水槽，含油污水槽通过液位控制，把累计到一定量的污水用泵打入隔油池，撇下的污油用泵排入污油罐，撇掉污油的废水进入混合池，在混合池中加入碱、硫酸、絮凝剂，然后再进入浮选池，通过打入压缩空气，使废水和浮渣分离，浮渣排入浮渣罐，废水再进废水处理厂处理。

13 物料排净系统

根据物料的不同，工艺装置内可能有多个物料排净系统，例如：含有腐蚀性介质的排净，无污染排净（蒸汽、凝液，锅炉排污等），有污染排净（含油污水等），液体排净等，不同的排净物料进入不同的排净系统，然后用不同的方法处理。在工艺管道和仪表流程图中，应标明物料排净具体进入上述哪个物料排净系统。

无污染排放可直接进入下水道：含有腐蚀性介质的物料要进行化学处理无腐蚀性后，再排入废水处理系统，或用烟囱烧掉排入大气；有污染的排放源也要经过废水处理系统处理后再排放；液体排净中的液体就是工艺装置中物料，对于轻烃类的可燃性液体，可加热气化，排至火炬烧掉；对于不可燃的液体，可以收集到一根总管，进入工艺装置作为进料，或进入储罐。

14 冷冻系统

作为工艺介质的冷却介质，一般用水，例如冷却循环水最低温度为32℃，地下水温度为20℃。如工艺介质温度要求低于这温度，就考虑采用冷冻系统。

冷冻系统一般有两种系统，一个是无相变的，例如冷冻盐水，包括氯化钙水溶液、丙二醇水溶液和乙二醇水溶液等，氯化钙水溶液由于对碳钢管道有腐蚀而逐渐被淘汰；另一个是有相变的，例如氨、乙烯、丙烯，甲烷等。

无相变的冷冻盐水系统比较简单，对于用户比较少时，一般不出冷冻盐水分配系统图，直接在工艺装置管道和仪表控制流程图上表明冷却介质即可；对于用户较多、比较复杂的，可与冷却水系统相似，出冷冻盐水分配系统图，表明使用冷冻盐水的设备（包括备用设备）及装置内需要用冷冻盐水的分析室、泡沫消防站等辅助设施。有相变的冷冻系统一般归入工艺装置管道和仪表控制流程图，不归入公用工程分配系统和辅助系统设计范围。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 24-3　单个安全阀排放量汇总表

序号	工　况	压力排放装置（液体）	压力排放装置（气体）
1	容器上出口阀门关闭	泵最大进口流量	进入的水蒸气和气相量加上排放条件下产生的气相量
2	冷凝器的冷却水发生故障	—	排放条件下进冷凝器的总气相量
3	塔顶回流发生故障	—	排放条件下进冷凝器的总气相量减去侧线回流冷凝的气相量
4	侧线回流发生故障	—	排放条件下进出气相量之差
5	吸收塔解吸油发生故障	—	正常无排放量
6	不凝性气体聚合	—	塔内同 2#，容器内同 1#
7	高挥发性物质进入 水进入热油中 轻烃进入热油	— — —	对于塔通常难以预见 对于换热器，采用两倍于一根管子截面积的管子，供由于管子破裂引起的挥发性流体进入所产生的气相用
8	罐或容器溢出	液体进入泵的最大流速	—
9	自动控制发生故障	—	必须逐个工况分析
10	非正常热量或气相进入	—	估计最大的气体产生量，包括因过热产生的不凝性气体
11	换热器管破裂	—	从两倍于一根管子截面积的面积进入水蒸气或蒸气，与 7# 的换热器结果相同
12	内部爆炸	—	不是由传统的泄压装置控制，而是避免对外界影响
13	化学反应	—	按正常和失控两种条件下估计的气体产生量
14	热膨胀；冷源关闭，装置区外管线被切断	—	—
15	外部火灾	—	—
16	电力发生故障（水蒸气、电或其他）	—	研究整套装置、决定停电的影响，根据可能发生的最坏工况，确定安全阀的大小
17	精馏塔	—	所有的泵停下来，导致没有回流和冷却水
18	反应器	—	考虑搅拌、急冷或蒸汽停止，安全阀大小按失控反应产生的气体量确定
19	空冷器	—	风扇停止转动，安全阀大小按正常热负荷和事故时的热负荷差值确定
20	缓冲罐	最大的液体进入量	—

15　典型的系统设计图

典型的公用工程分配系统图和辅助系统图如图 24-1～图 24-7 所示，其中图 24-4～图 24-7 见本书文后插页。

参考文献

[1] API-520《Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries》API RECOMMENDED PRACTICE 520, SEVENTH EDITION, JANUARY 2000.

[2] API-521《Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems》API RECOMMENDED PRACTICE 521, FOURTHTH EDITION, MARCH 1997.

[3] 蔡尔辅. 化工厂系统设计. 北京：化学工业出版社，1993.

[4] 王松汉主编. 石油化工设计生产. 北京：化学工业出版社，2000.

[5] 化工装置工艺系统工程设计规定，HG 20570—1995.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

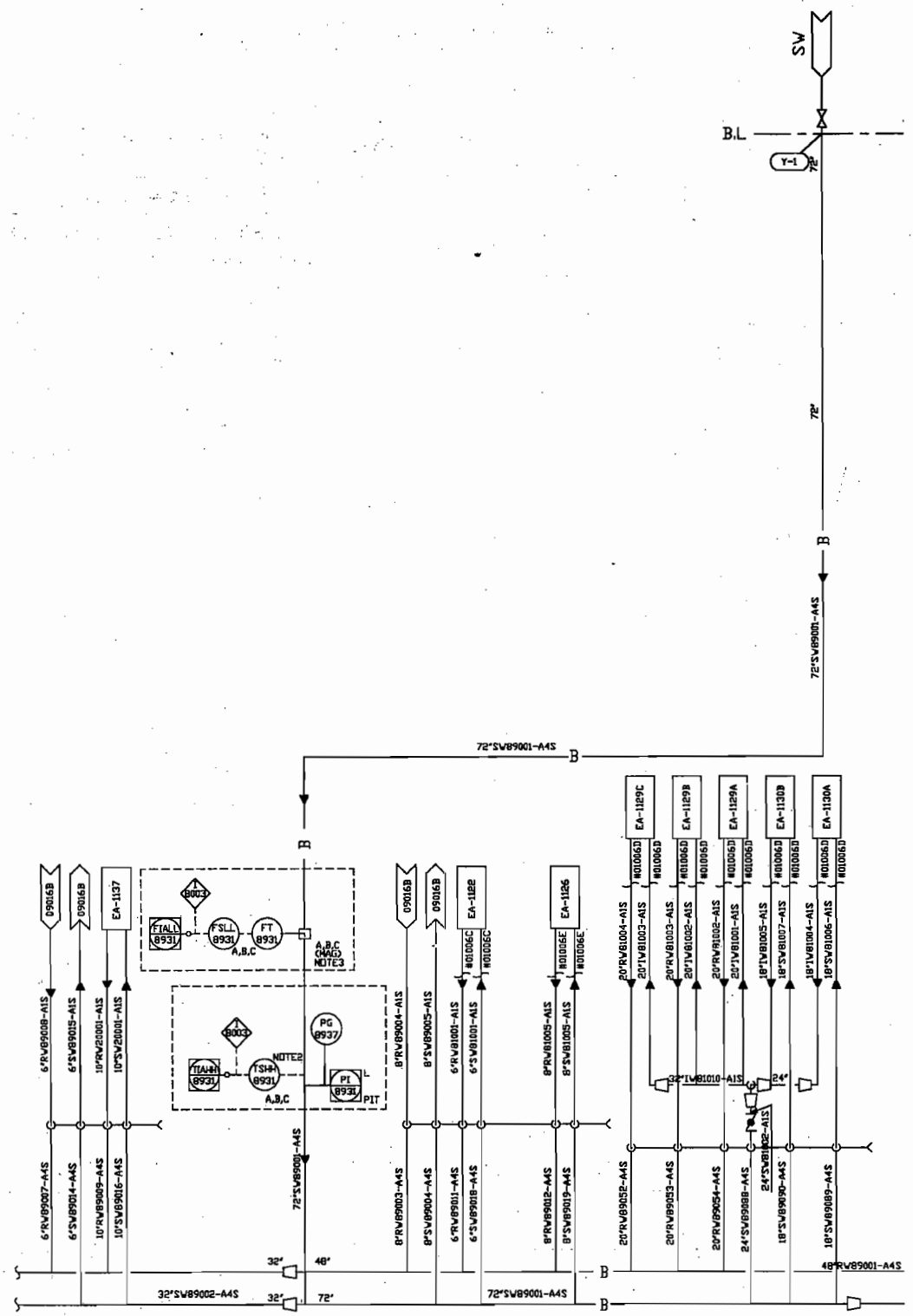
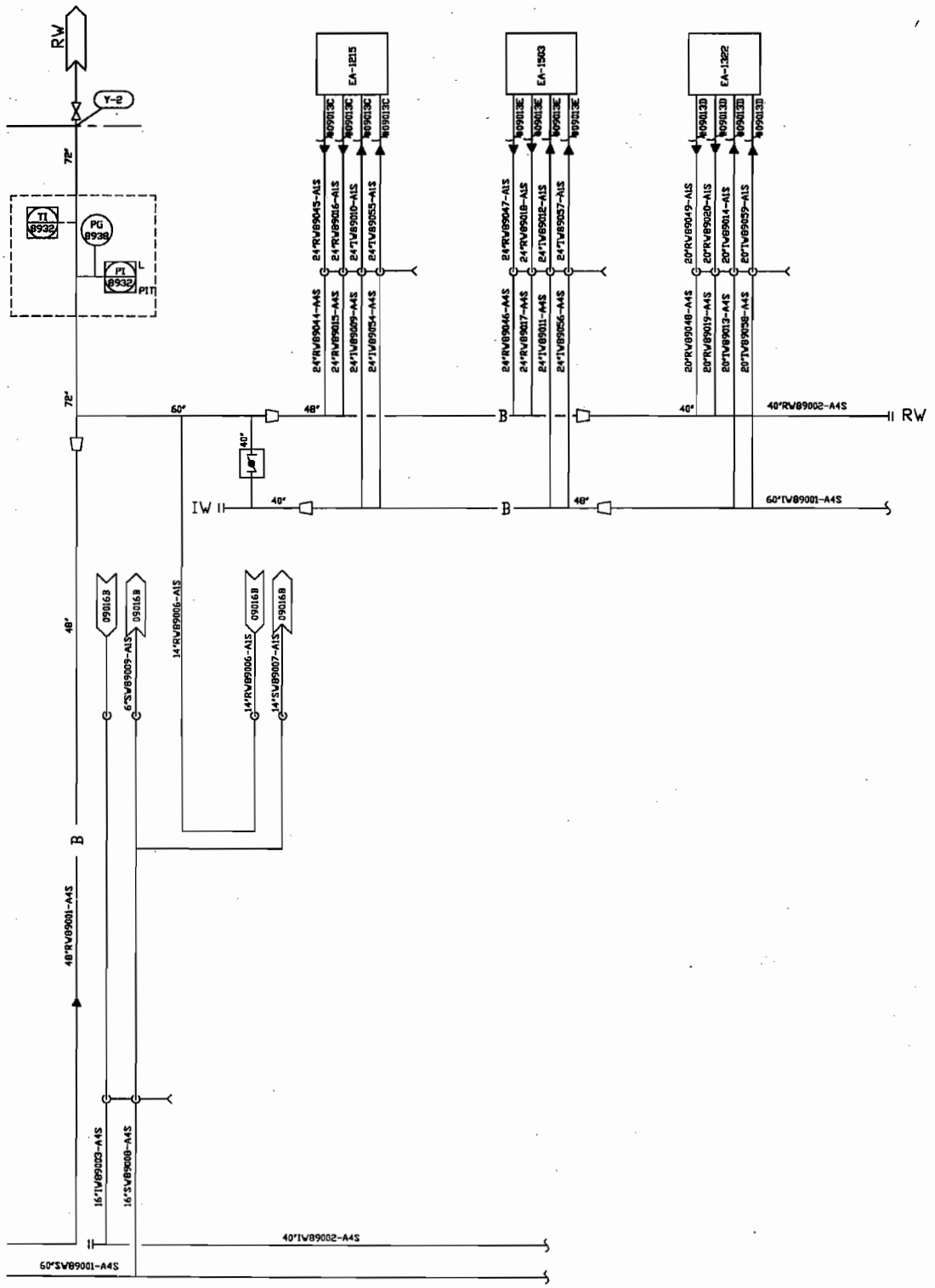


图 24-1 冷却

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



水系统图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

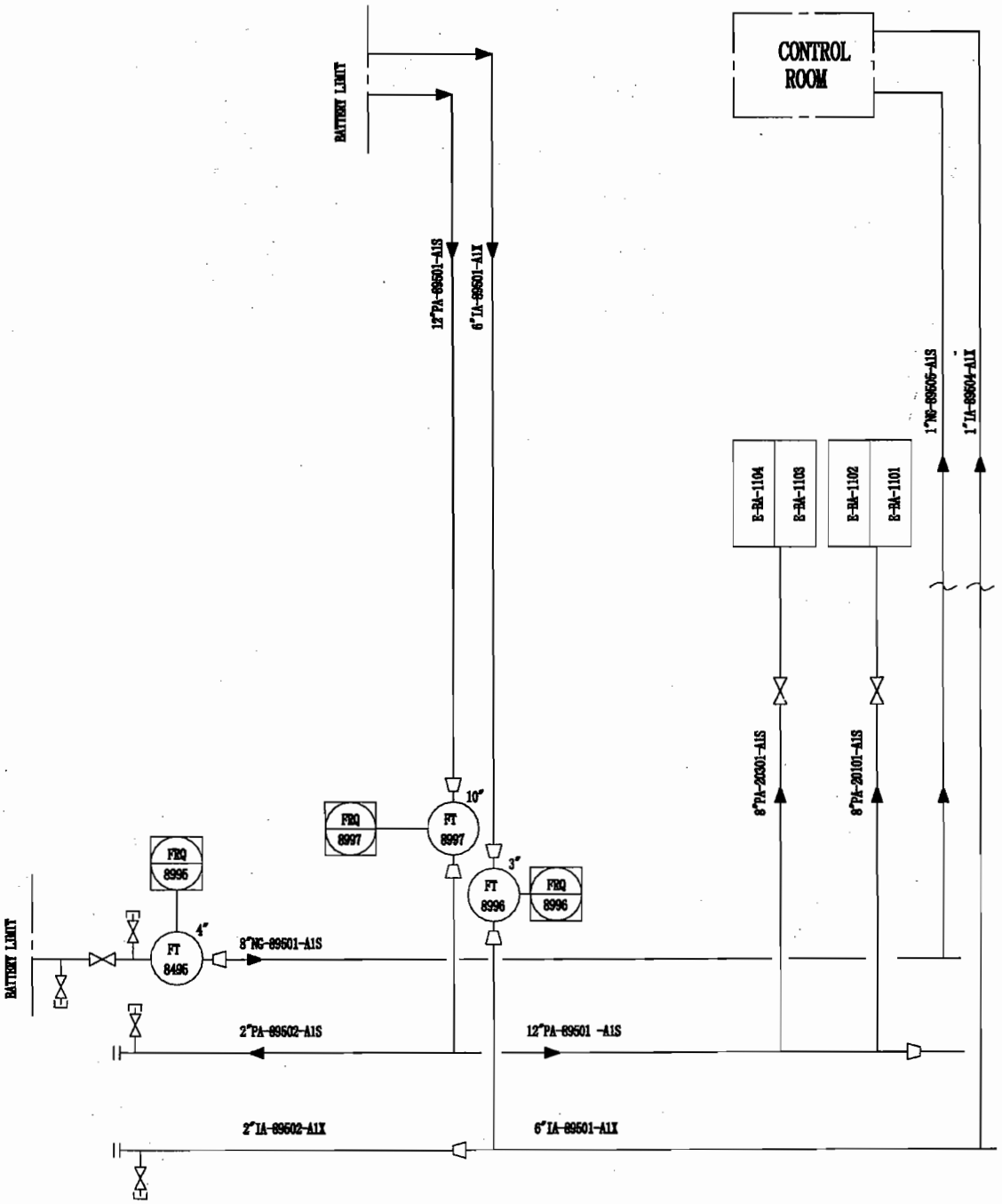
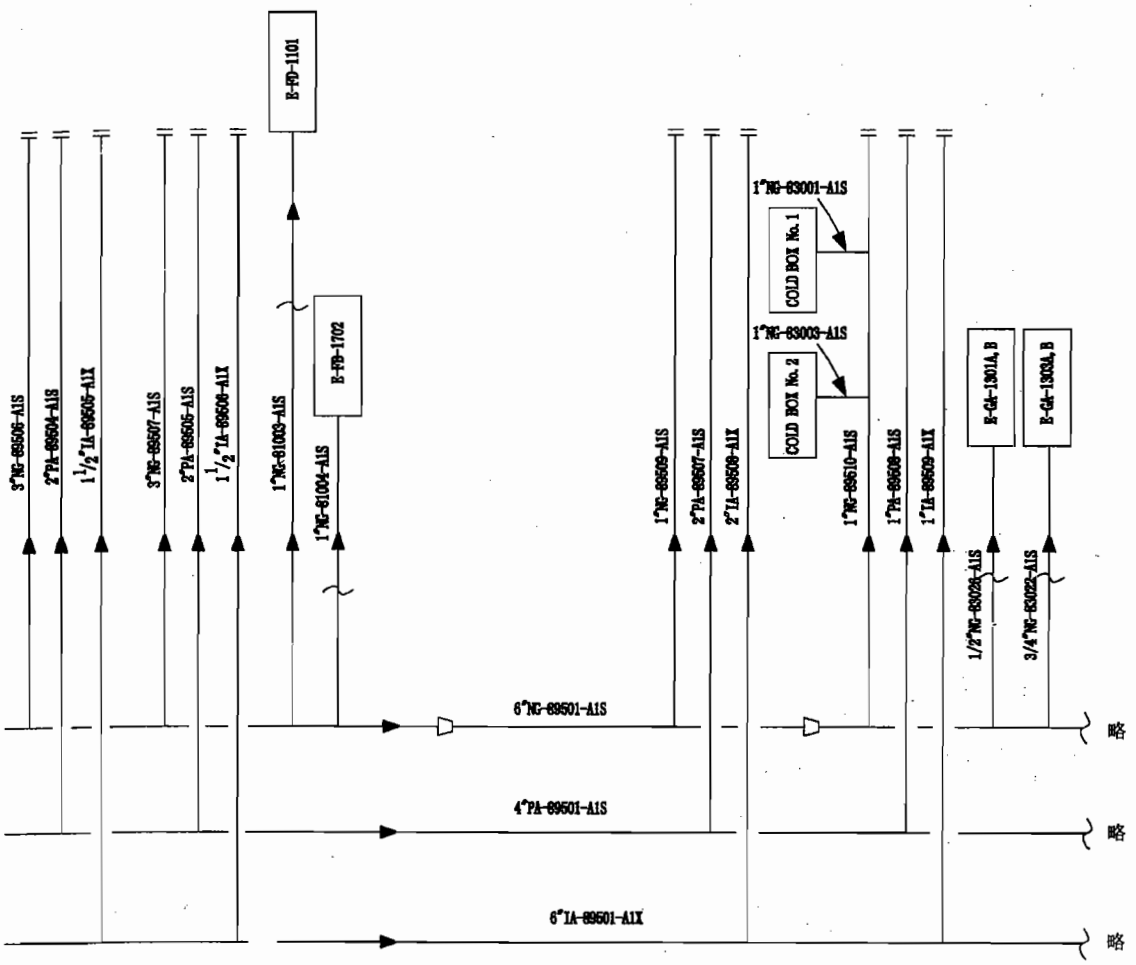


图 24-2 氮气、工艺空

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



气、仪表空气分配系统图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

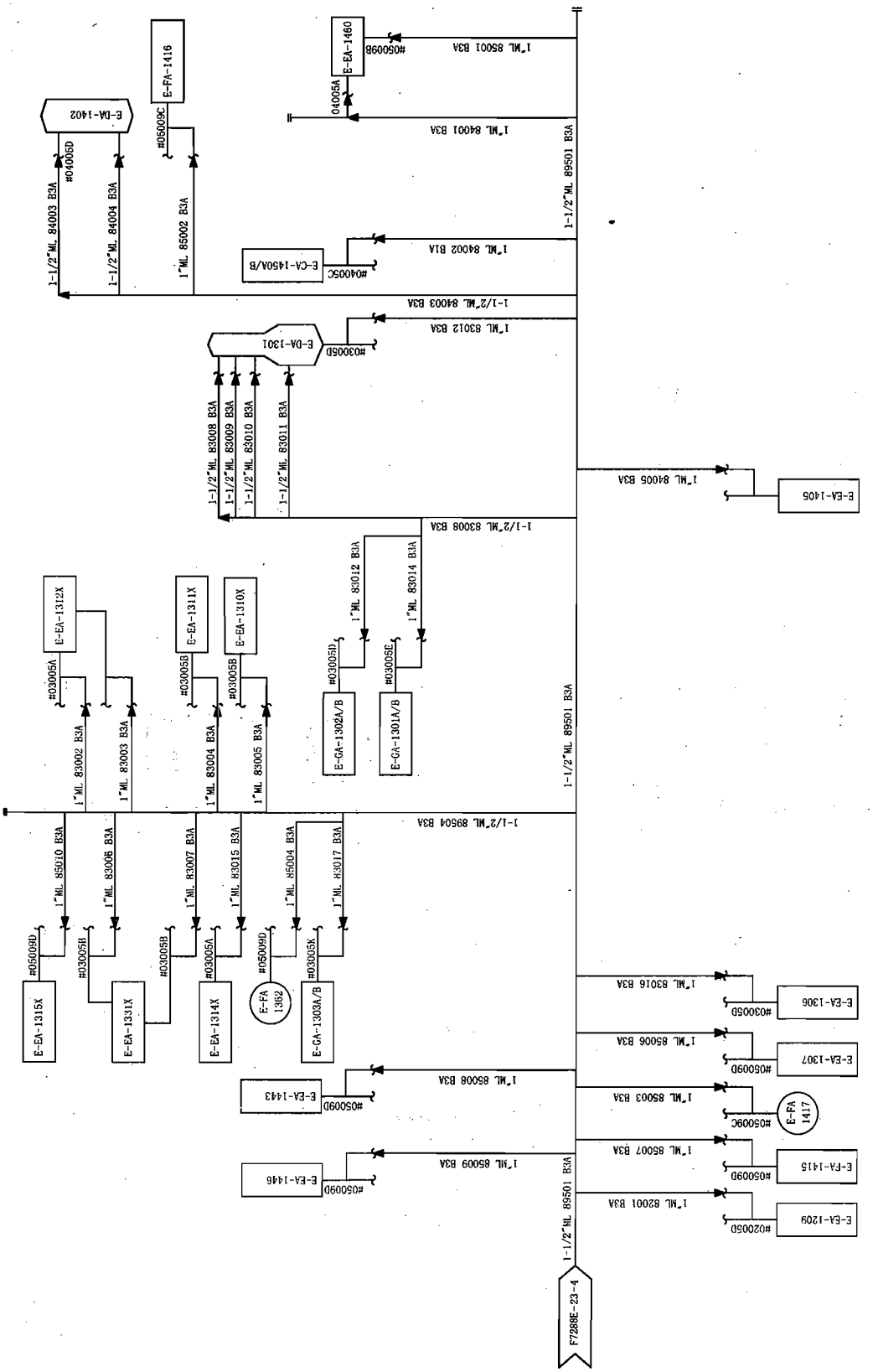


图 24-3 化学品注入系统图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第25章 管道流体力学计算和绝热设计

1 管道流体力学计算

在管道和仪表流程图初版和管道布置图确定后，工艺（系统）专业即可进行管道系统的流体力学计算，得到管道系统中工艺介质的流速、压力降、*Re*、NPSHa 等参数，并据此判断是否满足工艺、安全生产要求，得出比较经济合理的管径和泵、压缩机等的参数。

化工装置的管径选择应该慎重对待。如果只经过初步选择而不经复核后最终确定，则可能因选择不当，在试车投产后出现不满足工艺要求的问题，此时再进行补救就比较困难。

工程设计是分阶段进行的，在初步设计（基础设计）阶段因不具备详细计算压力降来确定管径的条件，只能根据估计的数值初步选择管径，以满足管道及仪表流程图（P&ID）设计的需要；进入施工图设计（详细工程设计）时，工艺参数已确定，配管规划图也基本确定，此时应根据已确定的工艺参数，以及配管设计的管长、管件数量等数据，详细核算管道的阻力降是否满足工艺流量、控制要求、泵入口 NPSHa 是否大于 NPSHr，以及其他安全要求，才能确定初步选择的管径是否合适或作相应的调整。国际上常用的管道设计手册有《通过阀，管件和管线的流体流动》(CRANE 技术手册 TP410)。

目前，可以进行管道流体力学计算的应用软件较多，如 Pro Ⅱ，ASPEN PLUS，CRANE 等。这些软件的应用使过去较复杂的管道流体力学计算变得快速、准确。然而，快速、准确的计算结果的获得，应当建立在对管道流体力学的基本计算方法和原理的准确理解上。本节介绍管道流体力学的基本计算方法和原理。

1.1 工艺管道设计原则

化工装置工艺管道设计应在满足工艺要求和安全生产的前提下，求得最经济的管径。要求工艺（系统）工程师根据流体力学知识，从生产装置的不同工艺要求来进行管道工艺设计，并符合有关介质安全设计规定。在管道工艺设计时，一般应考虑以下原则。

1.1.1 经济管径

管径选择方法对化工装置的经济效果十分重要，一个化工装置的管道投资占整个装置投资的 10%～20%，随着管径的增大，不仅增大了管壁厚度和管子质量，还增大了阀门和管件的尺寸，增加了保温材料的用量，因此在计算管径时在允许压力降的前提下应尽量选用较高的流速，以减小管径。但是，随着流速的增高，管内摩擦阻力也加大，增加了压缩机和泵的功率消耗和操作费用。因此，需在建设投资和操作费用之间寻找最佳结合点，即以总成本最低来求得经济管径。如图 25-1 所示，最小的成本对应的就是经济管径。

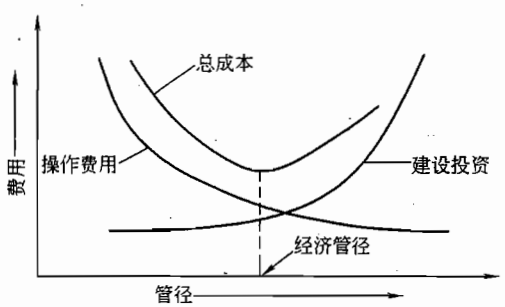


图 25-1　经济管径的确定

从理论上说，在初选管径时，应该采用经济管径的计算方法。提出这方面的计算公式是可能的，但实际运用时有困难。因为还不具备从现有管材规格的价格求得适用的经济参数和有关附加参数。然而，作为工艺系统工程师建立采用经济管径的概念却是十分重要的。目前普遍采用的方法是按推荐的常用流速的范围表和每百米管长压力降控制值来初步选择管径，这样计算得到的管径比较接近经济管径。

1.1.2 压力降要求

一般情况下，管道是按阀门全开的情况下计算压力降的，即管道的压力降必须小于该管道的允许压力降，否则流量（指工艺所需最大流量）将低于所需值。

允许压力降较小的管道，应选用较低的流速；允许压力降大的管道可选用较高的流速。对于同一介质在不同管径的情况下，流速虽相等，管道压力

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

降却相差很大。因此；在计算管径时，如允许压力降相同，则流量不同的管道应选用不同的流速：小流量选用较低流速；大流量可选用较高流速。黏度较大的流体，管道压力降较大，应选用较低的流速，黏度较小的流体，管道压力降较小，应选用较高的流速。

1.1.3 工艺控制要求

许多工艺系统要求精确的流量控制，尽管调节阀的计算属仪表专业范围，但工艺工程师应掌握工艺系统控制的要求。为了满足工艺系统较好的流量控制，在一般情况下，调节阀压降应占整个控制系统总压力降的30%左右，在流量比较平稳的管道系统中，可取调节阀压降占系统总压力降的20%。理由是，如果调节阀压降很小，为了改变流量，调节阀阀杆行程需变化很大的百分数；当要控制低流量时，调节阀将几乎关闭，这样就使得流量控制变得困难。管道压降-调节阀压降关系，可由以下示例说明其原理。

例1 已知 供水压力为0.21MPa，流经换热器的压降为0.084MPa，水流量为22.7m³/h（见附图）。

求 合适的供水管径。

解 选取2in供水管径时，管道压力降为0.098MPa。控制阀压降占整个系统压降的比例为

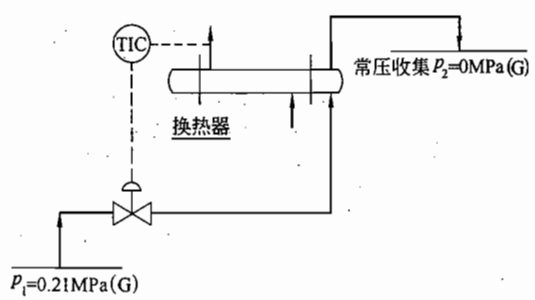
$$\frac{0.21-0.084-0.098}{0.21}=13\%$$，说明控制阀占整个系统压降不合适。

选取3in供水管径时，管道压力降为0.014MPa。控制阀压降占整个系统压降的比例为

$$\frac{0.21-0.084-0.014}{0.21}=53\%$$，说明控制阀占整个系统压降较2in时适宜。

此时调节阀计算后的口径为1.58in，实际可选1½in或2in。

当然也可考虑管径为2½in，但一般装置不采用此规格。



例1附图

1.1.4 限制管壁磨损

金属的耐腐蚀性能，在大多数情况下，主要依靠其接触腐蚀介质表面的一层保护膜，管内介质流速过高会损坏保护膜，引起管道冲蚀和磨损的现象，最终将缩短管道的预期使用寿命。例如，当铜镍合金管内为海水介质时，允许的流速为1.5～3m/s，当流速达到45m/s时，其腐蚀速率将是不允许的。

工艺工程师在进行管道工艺计算时，应该注意在下列条件下会使腐蚀速率加快，必须采取限制流速的措施。

① 腐蚀介质会引起管壁脆弱。

② 软金属（如铅或铜）。

③ 工艺介质中存在有磨损性的固体颗粒。

④ 带有大量管件的管道将导致高的湍流。

如果遇到此类问题时，建议工艺（系统）工程师向腐蚀专家咨询，或向同类生产装置工艺工程师咨询，当没有资料数据、又无法得到咨询解决有怀疑的腐蚀问题时，应该采取限制流速的办法，建议液体最大流速为2m/s。部分腐蚀介质的最大流速见表25-1。

表25-1 部分腐蚀介质的最大流速

介质名称	最大流速/(m/s)
氯气	25.0
二氧化硫气	20.0
氨气	
$p\leqslant 0.7$MPa	20.2
0.7MPa$<p\leqslant$2.1MPa	8.0
浓硫酸	1.2
碱液	1.2
盐水和弱碱液	1.8
酚水	0.9
液氨	1.5
液氯	1.5

1.1.5 满足介质安全输送的规定

特殊介质的流速还应符合相应的国家标准，例如：

氧气流速应符合（GB 50030—1991）《氧气站设计规范》

氢气流速应符合（GB 50177—2005）《氢气站设计规范》

乙炔流速应符合（GB 50031—1991）《乙炔站设计规范》

本手册没有提供具体的安全流速数据，而是要求工艺（系统）工程师认真查对有关安全规定或安全资料后采用可靠的数据；在没有数据的情况下，可根据已有生产装置的情况，经过核算，求出有关流速数据。部分流体最大流速可参见表25-2。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-2　部分流体的最大流速　/(m/s)

介　质		流速 u
乙烯气	$p\leqslant 22$MPa	≤30
	22MPa$<p\leqslant$150MPa	5～6
乙炔气	$p\leqslant$110kPa	3～4
	$p\leqslant$250kPa	4～8
	$p\leqslant$2.5MPa	5
氢、氧气		≤8
乙醚、苯、二硫化碳		≤1
甲醇、乙醇、汽油		≤3
丙酮		≤10

注：本表摘自《化学工程手册》。

1.1.6　满足噪声控制要求

管道系统在高流速、节流、气穴、湍流等情况下都会产生噪声。工艺（系统）工程师应确定合适的流速，对管系的阀门（包括控制阀）、特殊管件（如喷射器等）和由于管道中物料流向突变的管系以及火炬管系、安全阀放空管系等，在工作时由于高流速湍流引起的高噪声进行控制。

流体在阀门或管道内的流速越高，噪声亦越高，降低流速可减小噪声。在无气穴的情况下，流速增加1倍，噪声增加18dB。对噪声限制较严的管道，需对流速加以限制，一般采用扩大管径的方法来降低流速。对于截面与流向急剧变化的管段，其流速还应进一步降低。在实际使用中，不同的环境对管道噪声有不同的要求，但气流输送情况不受此限制，因为气流中固体颗粒与管壁的摩擦将大大增加管道噪声。管道内流速的限制值见表 25-3。

表 25-3　管内流速的限制值

管道周围的声压级/dB	防止噪声的流速限制值/(m/s)
70	33
80	45
90	57

当无法用降低流速的办法控制噪声时，可查阅有关噪声控制设计规范，如 HG/T 20570.10—1995《工艺系统专业噪声控制设计》，用其他方法控制管道系统噪声。

1.1.7　符合管材的标准规格

公制和英制管道具有不同的外径和壁厚系列。由材料工程师确定管壁厚度，再由工艺工程师作核算。常用公称直径的管道外径见表 25-4。

1.2　流体流动的伯努利方程

对化工过程的流体稳定流动系统，应用能量守恒定律可得到流体稳定流动时的机械能衡算式(25-1)。

表 25-4　常用公称直径的管道外径

公称直径 DN /mm	公称直径 DN /in	英制管道外径 /mm	公制管道外径 /mm
15	1/2	22	18
20	3/4	27	25
25	1	34	32
32	1¼	42	38
40	1½	48	45
50	2	60	57
65	2½	76	76
80	3	89	89
100	4	114	108
125	5	140	133
150	6	168	159
200	8	219	219
250	10	273	273
300	12	324	325
350	14	356	377
400	16	406	426
450	18	457	480
500	20	508	530

$$W = g\Delta Z + \frac{\Delta u^2}{2} + \int_{p_1}^{p_2} v\,\mathrm{d}p + \sum h_f \qquad (25\text{-}1)$$

式中　W——通过流体输送机械所获得的外加能量，J/kg；

Z——位能，在界面 1，2 处的标高，m；

$\frac{u^2}{2}$——动能；

u——流速，m/s；

p——系统压力，N/m^2；

v——比容，m^3/kg；

$\sum h_f$——总摩擦损失，J/kg。

以下对式（25-1）就不可压缩流体与可压缩流体分别讨论

(1) 不可压缩流体

不可压缩流体的比容或密度 ρ 为常数，与压力无关，式（25-1）中

$$\int_{p_1}^{p_2} v\,\mathrm{d}p = v\Delta p = \frac{\Delta p}{\rho}$$

故式（25-1）可写为：

$$W = g\Delta Z + \frac{\Delta u^2}{2} + \frac{\Delta p}{\rho} + \sum h_f \qquad (25\text{-}2)$$

式（25-2）为每单位流体的机械能衡量式，式中各项的单位均为 J/kg。

假定流体流动时不产生摩擦，即 $\sum h_f = 0$，并且又不向系统加入外功，则 $W=0$，式（25-2）可简化为

$$g\Delta Z + \frac{\Delta u^2}{2} + \frac{\Delta p}{\rho} = 0 \qquad (25\text{-}3)$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

或 $$gZ_1+\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{\rho_1}=gZ_2+\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{\rho_2} \quad (25\text{-}4)$$

式(25-3)，式(25-4)称为不可压缩流体的伯努利方程。

(2) 可压缩流体

气体在流动过程中，若通过所取系统两截面间的压力变化小于原来压力的20%即$\frac{p_1-p_2}{p_1}<20\%$时，$\int_{p_1}^{p_2} v\,\mathrm{d}p=\int_{p_1}^{p_2}\frac{\mathrm{d}p}{\rho}$项中的$\rho$可用气体的平均密度$\rho_m$代替，即$\rho_m=\frac{\rho_1+\rho_2}{2}$，于是式(25-1)可改写为

$$W=g\Delta Z+\frac{\Delta u^2}{2}+\frac{\Delta p}{\rho_m}+\sum h_f \quad (25\text{-}5)$$

这表明式(25-1)应用于可压缩流体时，如需要考虑流体的可压缩性对$\int_{p_1}^{p_2} v\,\mathrm{d}p$的影响，则必须根据过程的性质(等温、绝热或是多变)，按照热力学方法处理，详见本章第1.5.3节单相流(可压缩流体)的管道压力降计算。

(3) 伯努利方程的讨论

① 比较式(25-2)，式(25-5)，此两式基本上一致，均为流体(包括液体和气体)输送过程的能量衡算式。通常是按不可压缩流体能量衡算式的形式运算，故式(25-2)应用最为广泛。

在液体输送中，压头的概念是广泛应用的，将式(25-2)两端均除以重力加速度$g(\mathrm{m/s^2})$则得

$$H=\Delta Z+\frac{\Delta u^2}{2g}+\frac{\Delta p}{\rho g}+\sum h_f' \quad (25\text{-}6)$$

式中，H为外部向系统输入的压头，即为泵扬程，m液柱。

② 当流体在管道内稳定流动，无摩擦损失发生，又没有向系统加入外功，则式(25-1)中的$\sum h_f=0$，$W=0$，于是式(25-1)可写为

$$gZ_1+\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{\rho}=gZ_2+\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{\rho}=\text{常数} \quad (25\text{-}7)$$

从式(25-7)可明显地看出，流体在管道任一截面上各项机械能量之和相等，即总机械能量为一常数，但在各截面上的每种能量并不一定相等，当流体通过的管道截面的大小或位置的高低发生变化时，各项能量之间是可以相互转换的，而其总机械能量仍为常数。液体在水平管道中稳定流动时，若在某处管道的截面积缩小，则流速增大，即一部分压力能转变为动能；反之，当另一处管道截面积增大，流速就减小，一部分动能又转变成为压力能。

③ 伯努利方程中，由于摩擦而引起的能量损失$\sum h_f$的数值永远是正值。将在本章下节作专门讨论。

④ 输送单位质量流体所需加入的外功W是决定流体输送设备的重要数据。如果被输送流体的质量流量为$w(\mathrm{kg/s})$，则输送流体需要供给的功率(即流体输送设备的有效功率)为

$$N_e=Ww \quad (25\text{-}8)$$

式中，N_e为有效功率，J/s(或W)。

实际消耗的功率(即输入功率)为

$$N=\frac{Ww}{\eta} \quad (25\text{-}9)$$

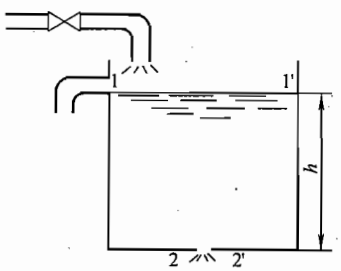
式中，η为流体输送设备的效率。

⑤ 如果系统没有外功加入，则$W=0$。又如系统里的流体是处于静止状态，则流速$u=0$，即没有流体流动，摩擦损失$\sum h_f=0$。此时伯努利方程可写为

$$gZ_1+\frac{p_1}{\rho}=gZ_2+\frac{p_2}{\rho} \quad (25\text{-}10)$$

式(25-10)为式(25-7)的流体静力学基本方程。由此可见，伯努利方程除表示流体流动的规律外，也包括了流体静止状态的规律，流体的静止不过是流体运动的一个特殊形式。

例2 若敞口储液槽内液位高度h维持不变，液体从槽底的小孔流出(见附图)，小孔的截面积为S_0，试求由小孔排液的流速和流量(假设流体摩擦损失忽略不计)。



例2附图

解 取储液槽的液面为1—1′截面，底部小孔处的截面为2—2′截面。以水槽底面为基准面，列出截面1—1′和2—2′间的伯努利方程(不计摩擦损失，在液面1—1′和小孔处流出时的压力都为大气压Pa)

$$gZ_1+\frac{p_1}{\rho}+\frac{u_1^2}{2}=gZ_2+\frac{p_2}{\rho}+\frac{u_2^2}{2}$$

由题知 $Z_1=h$，$Z_2=0$，

又因u_2比u_1大得多，可认为$u_1\approx 0$

将已知各值代入方程式中得：

$$\frac{u_2^2}{2}=g(Z_1-Z_2)=gh$$

由小孔排液的流速

$$u_2=\sqrt{2gh}$$

则由小孔排液的流量

$$V=u_2S_0=S_0\sqrt{2gh}$$

由此题可见，u_2或V与$\sqrt{h}$成正比。此处$\frac{u_2^2}{2}=gh$，即表示截面1—1′处流体的位能转化为截面2—2′处的动能。

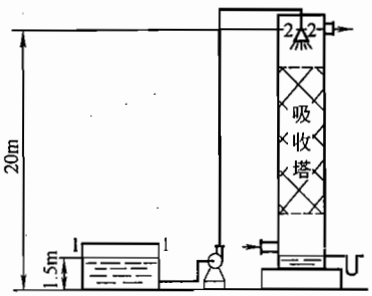
实际上流体自小孔排出时有摩擦损失产生，故必

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

须加入一校正系数（或流量系数）C_0 进行校正，从实验测得 $C_0=0.61\sim0.63$。于是得

$$u_2=C_0\sqrt{2gh}\quad V=C_0S_0\sqrt{2gh}$$

例3 某化工厂用泵将碱液池的碱液输送至吸收塔顶，经喷嘴喷出，如附图所示。泵的进口管为 $\phi108mm\times4.5mm$ 的钢管，碱液在进口管中的流速为 1.5m/s，出口管为 $\phi76mm\times2.5mm$ 的钢管，储液池中碱液的深度为 1.5m，池底至塔顶喷嘴上方入口处的垂直距离为 20m，碱液经管系的摩擦损失为 30J/kg，碱液进喷嘴处的压力为 0.3at（G），碱液的密度为 1100kg/m³。设泵的效率为 65%，试求泵所需的功率。



例3附图

解 取碱液池的液面 1—1 为基准面，以塔顶喷嘴上方入口处的管口为 2—2 截面，在 1—1 与 2—2 截面间的伯努利方程为

$$gZ_1+\frac{u_1^2}{2}+\frac{p_1}{\rho}+W=gZ_2+\frac{u_2^2}{2}+\frac{p_2}{\rho}+\sum h_f$$

则 $$W=(Z_2-Z_1)g+\frac{p_2-p_1}{\rho}+\frac{u_2^2-u_1^2}{2}+\sum h_f$$

已知，$Z_1=0$，$Z_2=20-1.5=18.5$。因储液池面较管道截面大得多，$u_1\approx0$，碱液在进口管中速度 $u=1.5m/s$，则碱液在出口管中流速按连续性方程为

$$u_2=u\left(\frac{S}{S_2}\right)=u\left(\frac{d}{d_2}\right)^2$$

碱液进口管内径 $d=108-4.5\times2=99mm$

碱液出口管内径 $d_2=76-2.5\times2=71mm$

则 $$u_2=1.5\left(\frac{99}{71}\right)^2=2.92m/s$$

又知 $\rho=1100kg/m^3$ $p_1=1\times9.807\times10^4N/m^2$

$$p_2=(1+0.3)\times9.807\times10^4N/m^2$$

$$\sum h_f=30J/kg$$

将以上各值代入式（A）得输送碱液所需的外加能量为

$$W=18.5\times9.81+\frac{(1.3-1)\times9.807\times10^4}{1100}+\frac{2.92^2-0}{2}+30$$

$$=181.5+26.7+4.27+30=242.4J/kg$$

碱液的质量流量为

$$w=\frac{\pi}{4}d^2u\rho=0.785\times\left(\frac{99}{1000}\right)^2\times1.5\times1100$$

$$=11.55kg/s$$

泵的效率为 65%，则此泵的功率为

$$N=\frac{Ww}{\eta}=\frac{242.4\times11.55}{0.65}=4310J/s=4310W$$

$$=4.31kW$$

1.3 管道的流体力学计算方法

管道工艺计算所需要解决的问题，不外乎是根据管道的尺寸、流体能量（包括外加能量）和流量的关系，由已知量来确定未知量。实际工艺设计中遇到的管道工艺计算问题，大致有以下 3 类。

① 已知管径，管长，管件和流量，求流体通过管道的阻力降以及所需外加能量。

② 已知管长、管件和允许阻力降，求适宜的管径。

③ 已知管长、管件和系统中一处截面参数，求另一截面处压力，流速，流量等参数，判断是否满足有关工艺要求，如 NPSHa>NPSHr。

化工生产中常遇见的管道，根据其连接和铺设的情况，可分为简单管道与复杂管道两类，其计算原则和特点分别介绍如下。

(1) 简单管道

简单管道系指没有分支的管道，可分为以下两种。

① 管径不变的简单管道 如图 25-2 所示，是最简单的一种管道。流体通过整个管道的流量（对于液体可用体积流量）不变，可直接应用流体在管道中流动的阻力公式计算。

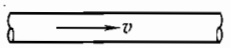


图 25-2 管径不变的简单管道

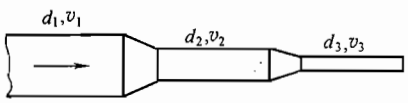


图 25-3 串联管道

② 由不同管径的管道所组成的串联管道 如图 25-3 所示，其特点如下。

a. 通过各管道的流量不变，对于不可压缩的流体，则有

$$v_1=v_2=v_3=v \qquad (25\text{-}11)$$

b. 整个管道的阻力等于各管段直管阻力与各局部阻力之和，即

$$\sum h_f=h_{f1}+h_{f2}+h_{f3}+\sum h_f' \qquad (25\text{-}12)$$

(2) 复杂管道

此系指有分支的管道，可视为由多条管道所组成。复杂管道的计算，不过是简单管道计算的运用和发展。复杂管道又可分为如下。

① 并联管道 如图 25-4 所示，此系为在主管某

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

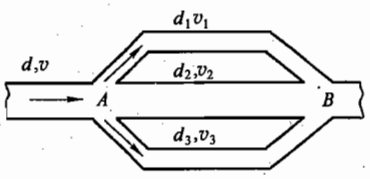


图 25-4 并联管道

处分为几支，然后又汇合为一主管的管道。其特点是：

a. 由于各并联管段的两汇合点 A 与 B 的压力差，是由流体在各个分支管段中克服流体阻力而造成的，因此并联的各个管段的压力降相等，即得

$$h_{f1}=h_{f2}=h_{f3}=h_{fAB} \tag{25-13}$$

b. 主管中的流量等于并联的各个管段流量之和，对于不可压缩流体，则有

$$v=v_1+v_2+v_3 \tag{25-14}$$

c. 并联的各管段中的流量是按式（25-13）的关系分配的，管道长、管径小而阻力系数大的管段，通过的流量小；管道短、管径大而阻力系数小的管段，通过的流量则大。

在计算管道的总阻力损失时，如果管道上有并联管段的存在，则总阻力损失应为主管部分与并联部分的串联阻力损失。必须注意，在计算并联管段的阻力时，只需考虑其中任一管段的阻力即可，绝不能将并联的各管段的阻力全部加在一起，以作为并联管段的阻力。

② 分支管道 如图 25-5 所示，是从主管分出支管，而在支管上又有分支的管道，其特点是：

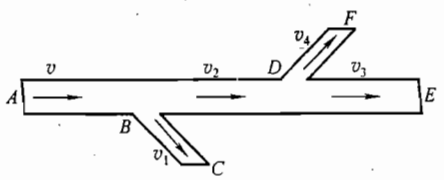


图 25-5 分支管道

a. 主管的流量等于各支管流量之和，如

$$v=v_1+v_2 \tag{25-15}$$

$$v_2=v_3+v_4 \tag{25-16}$$

则

$$v=v_1+v_3+v_4 \tag{25-17}$$

b. 虽然各支管的流量不等，但在分支处（见图 25-5 中 B 和 D 处）的总机械能是一定值。如图 25-5 中，从 D 点处有部分流体以流速 u_E 流过 DE 管段，另一部分流体以流速 u_F 流过 DF 管段。u_E 与 u_F 的大小取决于式（25-18）中的关系。

$$gZ_D+\frac{u_D^2}{2}+\frac{p_D}{\rho}=gZ_E+\frac{u_E^2}{2}+\frac{p_E}{\rho}+\sum h_{fDE}$$

$$=gZ_F+\frac{u_F^2}{2}+\frac{p_F}{\rho}+\sum h_{fDF} \tag{25-18}$$

同样，由图 25-5 中 B 点来看，可得如下关系。

$$gZ_B+\frac{u_B^2}{2}+\frac{p_B}{\rho}=gZ_C+\frac{u_C^2}{2}+\frac{p_C}{\rho}+\sum h_{fBC}$$

$$=gZ_D+\frac{u_D^2}{2}+\frac{p_D}{\rho}+\sum h_{fBD}$$

$$=gZ_E+\frac{u_E^2}{2}+\frac{p_E}{\rho}+\sum h_{fDE}+\sum h_{fBD}$$

$$=gZ_F+\frac{u_F^2}{2}+\frac{p_F}{\rho}+\sum h_{fDF}+\sum h_{fBD} \tag{25-19}$$

分支管道中支管比较多时，计算便很复杂。为了便于计算，可在分支点处将其分为若干简单管道，按一般简单管道依次计算。

在计算分支管道所需的能量时，为了能保证将流体输送至需用能量最大的支管，就须按耗用能量最大的那条支管计算。通常是从最远的支管开始，由远及近，依次进行各支管的计算。如在按已知的流量和管道（管道上阀门全开）计算出的能量不等时，应取能量最大者为依据。

由上述分析可知，伯努利方程是分析解决管道流体力学计算问题的基础，而管道压力降计算是管道流体力学计算的重要内容，将在下面 1.5 中讨论。

1.4 初步管径计算

本节介绍初步选择管径的计算方法。当得到初步管径后，再根据管道系统详细计算压力降等有关参数，判断其是否满足允许压力降和工艺要求，最终确定管径。当然，初步计算所得的管径可以作为 P&ID 图初步条件和用于工程设计中的投资估算。

① 按常用介质流速或设定流速计算管径 d：

$$d=18.81W^{0.5}u^{-0.5}\rho^{-0.5} \tag{25-20}$$

或

$$d=18.81v_0^{0.5}u^{-0.5} \tag{25-21}$$

式中 d——管道的内径，mm；

W——管内介质的质量流量，kg/h；

v_0——管内介质的体积流量，m^3/h；

ρ——介质在工作条件下的密度，kg/m^3；

u——介质在管内的平均流速，m/s。

常用介质流速的推荐值见表 25-5。

② 按每 100m 计算管长的压力降控制值（Δp_{f100}）来计算管径：

$$d=18.61W^{0.38}\rho^{-0.207}\mu^{0.033}\Delta p_{f100}^{-0.207} \tag{25-22}$$

$$d=18.61v_0^{0.38}\rho^{0.173}\mu^{0.033}\Delta p_{f100}^{-0.207} \tag{25-23}$$

式中 μ——介质的动力黏度，Pa·s；

Δp_{f100}——100m 计算管长的压力降控制值，见表 25-6，kPa。

推荐的 Δp_{f100} 值见表 25-7。

上述介绍的管径初步选择的方法适用于化工生产装置中的工艺和公用工程物料管道，不适用储运系统的长距离输送管道、非牛顿型流体及固体粒子气体输送管道。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-5　常用介质流速的推荐值

介质名称	流速/(m/s)
饱和蒸汽　主管	30～40
支管	20～30
低压蒸汽　<1.0MPa(A)	15～20
中压蒸汽　1.0～4.0MPa(A)	20～40
高压蒸汽　4.0～12.0MPa(A)	40～60
过热蒸汽　主管	40～60
支管	35～40
一般气体　常压	10～20
高压乏气	80～100
蒸汽　加热蛇管入口管	30～40
氧气　0～0.05MPa	5.0～8.0
0.05～0.6MPa	6.0～8.0
0.6～1.0MPa	4.0～6.0
1.0～2.0MPa	4.0～5.0
2.0～3.0MPa	3.0～4.0
车间换气通风　主管	4.0～15
支管	2.0～8.0
风管距风机　最远处	1.0～4.0
最近处	8.0～12
压缩空气　0.1～0.2MPa	10～15
压缩气体　真空	5.0～10
0.1～0.2MPa(A)	8.0～12
0.2～0.6MPa(A)	10～20
0.6～1.0MPa(A)	10～15
1.0～2.0MPa(A)	8.0～10
2.0～3.0MPa(A)	3.0～6.0
3.0～25.0MPa(A)	0.5～3.0
煤气	2.5～15 8.0～10 (经济流速)
煤气　初压 200mmH_2O	0.75～3.0
煤气　初压 6000mmH_2O (以上主支管长 50～100m)	3.0～12
半水煤气　0.01～0.15MPa(A)	10～15
烟道气　烟道内	3.0～6.0
管道内	3.0～4.0
氯化甲烷　气体	20
液体	2
氯乙烯 二氯乙烯 三氯乙烯	2
乙二醇	2
苯乙烯	2
二溴乙烯　玻璃管	1
自来水　主管 0.3MPa	1.5～3.5
支管 0.3MPa	1.0～1.5
工业供水　<0.8MPa	1.5～3.5
压力回水	0.5～2.0
水和碱液　<0.6MPa	1.5～2.5
自流回水　有黏性	0.2～0.5

介质名称	流速/(m/s)
黏度和水相仿的液体	取与水相同
自流回水和碱液	0.7～1.2
锅炉给水　>0.8MPa	>3.0
蒸汽冷凝水	0.5～1.5
凝结水(自流)	0.2～0.5
气压冷凝器排水	1.0～1.5
油及黏度大的液体	0.5～2
黏度较大的液体(盐类溶液)	0.5～1
液氨　真空	0.05～0.3
<0.6MPa	0.3～0.5
<1.0MPa,2.0MPa	0.5～1.0
盐水	1.0～2.0
制冷设备中盐水	0.6～0.8
过热水	2
海水,微碱水　<0.6MPa	1.5～2.5
氢氧化钠　0～30%	2
30%～50%	1.5
50%～73%	1.2
四氯化碳	2
工业烟囱(自然通风)	2.0～3.0 实际 3～4
石灰窑窑气管	10～12
乙炔气	
PN<0.01MPa 低压乙炔	<15
PN=0.01～0.15MPa 中压乙炔	<8
PN>0.15MPa 高压乙炔	≤4
氨气　真空	15～25
0.1～0.2MPa(A)	8～15
0.35MPa(A)	10～20
<0.06MPa	10～20
<1.0～2.0MPa	3.0～8.0
氮气　5.0～10.0MPa(A)	2～5
变换气　0.1～1.5MPa(A)	10～15
真空管	<10
真空度 650～710mmHg 管道	80～130
废气　低压	20～30
高压	80～100
化工设备排气管	20～25
氢气	≤8.0
氮　气体	10～25
液体	1.5
氯仿　气体	10
液体	2
氯化氢　气体(钢衬胶管)	20
液体(橡胶管)	1.5
溴　气体(玻璃管)	10
液体(玻璃管)	1.2
硫酸　88%～93%(铅管)	1.2
93%～100%(铸铁管,钢管)	1.2
盐酸　(衬胶管)	1.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

介质名称	流速/(m/s)	介质名称	流速/(m/s)
离心泵 吸入口	1～2	往复泵(水类液体) 吸入口	0.7～1.0
排出口	1.5～2.5	排出口	1.0～2.0
往复式真空泵 吸入口	13～16	黏度 50cP 液体(ϕ25 以下)	0.5～0.9
	最大 25～30	黏度 50cP 液体(ϕ25～50)	0.7～1.0
油封式真空泵 吸入口	10～13	黏度 50cP 液体(ϕ50～100)	1～1.6
空气压缩机 吸入口	<10～15	黏度 100cP 液体 (ϕ25 以下)	0.3～0.6
排出口	15～20	黏度 100cP 液体 (ϕ25～50)	0.5～0.7
通风机 吸入口	10～15	黏度 100cP 液体 (ϕ50～100)	0.7～1.0
排出口	15～20	黏度 1000cP 液体 (ϕ25 以下)	0.1～0.2
旋风分离器 入气	15～25	黏度 1000cP 液体 (ϕ25～50)	0.16～0.25
出气	4.0～15	黏度 1000cP 液体 (ϕ50～100)	0.25～0.35
结晶母液 泵前速度	2.5～3.5	黏度 1000cP 液体 (ϕ100～200)	0.35～0.55
泵后速度	3～4		
齿轮泵 吸入口	<1.0	易燃易爆液体	<1
排出口	1.0～2.0		

注：1. 表中数据摘自化工工艺设计、热力管道设计与安装手册、化学世界等文献。

2. 表中 0.15 乙炔气流速系指乙炔气管径 $DN\leqslant 25$，若 $DN\geqslant 32$，则管内应填充管束或扁钢。

3. $1mmH_2O=9.80665Pa$，$1cP=10^{-3}Pa\cdot s$，$1mmHg=133.322Pa$。

表 25-6 一般工程设计中每 100m 管长的压力控制值

管道类别	最大摩擦压力降/kPa	总压力降/kPa
液体		
泵进口管	8	
泵出口管		
*DN*40、50	93	
*DN*80	70	
*DN*100 及以上	50	
蒸汽和气体		
公用物料总管		按进口压力的 5%
公用物料支管		按进口压力的 2%
压缩机进口管：		
$p<350kPa$(G)		1.8～3.5
$p>350kPa$(G)		3.5～7
压缩机出口管		14～20
蒸汽		按进口压力的 3%

表 25-7 每 100m 管长压力降控制的推荐值

介质	管道种类	压力降/kPa
输送气体的管道	负压管道①	
	$p\leqslant 49kPa$	1.13
	$49kPa<p\leqslant 101kPa$	1.96
	通风机管道 $p=101kPa$	1.96
	压缩机的吸入管道	
	$101kPa<p\leqslant 111kPa$	1.96
	$111kPa<p\leqslant 0.45MPa$	4.5
	$p>0.45MPa$	0.01P
	压缩机的排出管和其他压力管道	
	$p\leqslant 0.45MPa$	4.5
	$p>0.45MPa$	0.01P
	工艺用的加热蒸汽管道	
	$p\leqslant 0.3MPa$	10.0
	$0.3MPa<p\leqslant 0.6MPa$	15.0
	$0.6MPa<p\leqslant 1.0MPa$	20.0
输送液体的管道	自流的液体管道	5.0
	泵的吸入管道	
	饱和液体	10.0～11.0
	不饱和液体	20.0～22.0
	泵的排出管道	
	流量大于 $150m^3/h$	45.0～50.0
	流量小于 $150m^3/h$	45.0
	循环冷却水管道	30.0

① 表中 p 为管道进口端流体的绝对压力。

1.5 管道压力降计算

1.5.1 流体阻力的分类

阻力是指单位质量流体的机械能损失。产生机械能损失的根本原因是流体内部的黏性耗散。流体在直管中流动因内摩擦（层流，$Re\leqslant 2000$）和流体中的涡旋（湍流，$Re>2000$）导致的机械能损失称为直管阻力。流体通过各种管件因流道方向和截面的变化产生大量漩涡而导致的机械能损失称为局部阻力。流体在管道中的阻力是直管阻力和局部阻力之和。

(1) 直管阻力

单位质量流体沿直管流动的机械能损失 h_f 按式(25-24)、式(25-25)计算。

$$h_f=\lambda\frac{L}{D}\times\frac{u^2}{2} \tag{25-24}$$

或

$$h_f=4f\frac{L}{D}\times\frac{u^2}{2} \tag{25-25}$$

式中 λ——摩擦因子，无量纲；

L——管长，m；

D——管道内径，m；

u——流体平均流速，m/s；

f——范宁摩擦系数。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-8　摩擦因子 λ、雷诺数 Re 和相对粗糙度 ε/D 关系

流体流型		雷诺数 Re	管壁相对粗糙度 ε/D	摩擦因子 λ	公式来源
层流		$Re\leqslant 2000$	无关	$\lambda=\frac{64}{Re}$　(25-26)	
湍流	水力光滑管区	$3\times10^3<Re<4\times10^6$	$\frac{\varepsilon}{D}<\frac{15}{Re}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=2\lg(Re\sqrt{\lambda})-0.8$　(25-27)	Prandtl-Karman
	水力光滑管区	$3\times10^3<Re<1\times10^5$	$\frac{\varepsilon}{D}<\frac{15}{Re}$	$\lambda=\frac{0.3164}{Re^{0.25}}$　(25-28)	Blasius
	过渡区		$\frac{15}{Re}\leqslant\frac{\varepsilon}{D}\leqslant\frac{560}{Re}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=1.74-2\lg\left(\frac{2\varepsilon}{D}+\frac{18.7}{Re\sqrt{\lambda}}\right)$　(25-29)	Colebrook
	阻力平方区	无关	$\frac{\varepsilon}{D}>\frac{560}{Re}$	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=1.74-2\lg\left(\frac{2\varepsilon}{D}\right)$　(25-30)	Karman

摩擦因子 λ 与管内流动介质的雷诺数 Re 和管壁相对粗糙度 ε/D 有关，其关系详见表 25-8 和图 25-6。

雷诺数 Re 的定义为

$$Re=\frac{Du\rho}{\mu}\qquad(25\text{-}31)$$

式中　μ——介质黏度，Pa·s；

ρ——密度，kg/m³；

D——管道内径，m；

u——流体流速，m/s。

绝对粗糙度表示管子内壁突出部分的平均高度。根据流体对管材的腐蚀、结垢情况和材料使用年龄等因素选用合适的绝对粗糙度，部分工业管道的绝对粗糙度取值范围见表 25-9 和图 25-7。

表 25-9　部分工业管道的绝对粗糙度 ε

金属管道	绝对粗糙度 ε/mm	非金属管道	绝对粗糙度 ε/mm
新的无缝钢管	0.02～0.10	清洁的玻璃管	0.0015～0.01
中等腐蚀的无缝钢管	约 0.4	橡皮软管	0.01～0.03
铜管，铅管	0.01～0.05	木管、板刨的较好	0.30
铝管	0.015～0.06	板刨的较粗	1.0
普通镀锌钢管	0.1～0.15	上釉陶器管	1.4
新的焊接钢管	0.04～0.10	石棉水泥管，新	0.05～0.10
使用多年的煤气总管	约 0.5	石棉水泥管，中等状况	约 0.60
新铸铁管	0.25～1.0	混凝土管，表面抹得较好	0.3～0.8
使用过的水管（铸铁管）	约 1.4	水泥管，表面平整	0.3～0.8

(2) 局部阻力

流体流经弯头、阀门等管件时，单位质量流体的机械能损失称为局部阻力。管道的局部阻力是各个管件的局部阻力之和，通常包括弯头、三通、渐扩管、渐缩管、阀门、设备接管口以及孔板、流量测量仪表等部件。管件的局部阻力可用阻力系数法或当量长度法计算。即

$$h_f=\sum K_i\frac{u^2}{2}\qquad(25\text{-}32)$$

或

$$h_f=\lambda\frac{\sum L_i}{D}\times\frac{u^2}{2}\qquad(25\text{-}33)$$

式中，$\sum K_i$、$\sum L_i$ 分别为所有管件的阻力系数和当量长度之和。常用管件的阻力系数可参见表 25-10 和表 25-11。常用管件的阻力系数参见表 25-11。管件、阀门的当量长度见表 25-12。

表 25-10　管道附件和阀门的局部阻力系数 K（层流）

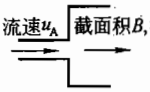
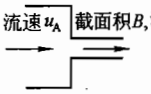
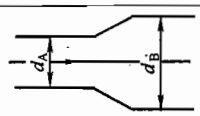
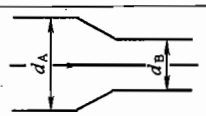
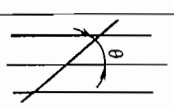
管件和阀门名称	Re			
	1000	500	100	50
90°弯头（短曲率半径）	0.9	1.0	7.5	16
三通（直通）	0.4	0.5	2.5	
三通（支流）	1.5	1.8	4.9	9.3
闸阀	1.2	1.7	9.9	24
截止阀	11	12	20	30
旋塞阀	12	14	19	27
角型阀	8	8.5	11	19
旋启式止回阀	4	4.5	17	55

表 25-11　管道附件和阀门局部阻力系数 K（湍流）

名　称	简　图	阻力系数 K
由容器流入管道内（锐边）		0.50

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名 称	简 图	阻力系数 K
由容器流入管道内（小圆角）		0.25
由容器流入管道内（圆角）		0.04
由容器流入管道内		0.56
由管道流入容器内		1.0
由容器流入管道内		$K=0.5+0.3\cos\theta+0.2\cos^2\theta$ θ/(°): 10 20 30 40 45 50 60 70 80 90 K: 0.989 0.959 0.910 0.847 0.812 0.775 0.700 0.626 0.558 0.500
突然扩大	截面积A，流速u_A 截面积B，流速u_B 	$K=(1-A/B)^2$ 流速取 u_A A/B: 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 K_A: 1.0 0.81 0.64 0.50 0.36 0.25 0.16 0.09 0.04 0.01 0
突然缩小	截面积A，流速u_A 截面积B，流速u_B 	$K=0.5(1-B/A)^2$ 流速取 u_B B/A: 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 K_B: 0.5 0.45 0.40 0.35 0.30 0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0
渐扩管		d_B/d_A: 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 K_A: 0.05 0.10 0.15 0.20 0.24 0.27 0.31 0.34 0.36 0.38 K_B: 0.07 0.21 0.43 0.78 1.22 — — — — —
渐缩管		d_A/d_B: 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0 K_A: 0.06 0.10 0.15 0.22 0.31 0.36 0.42 0.49 0.57 0.7 K_B: 0.04 0.05 0.055 0.06 0.065 0.07 0.07 0.075 0.075 0.08
45°标准弯头		0.35
90°标准弯头		0.75
180°回弯头		1.5
三通（直流）		DN: 20 25 40 50 80 100 150 200 250 300 350 400 K: 0.48 0.45 0.40 0.38 0.35 0.33 0.30 0.28 0.27 0.26 0.25 0.25
三通（支流）		DN: 20 25 40 50 80 100 150 200 250 300 350 400 K: 1.44 1.35 1.21 1.14 1.04 0.98 0.89 0.84 0.81 0.78 0.76 0.74
活管接		0.4
闸阀		全开 0.17；3/4开 0.9；1/2开 4.5；1/4开 24
截止阀		全开 6.4；1/2开 9.5
蝶阀		θ/(°): 0 5 10 20 30 40 45 50 60 70 90 K: 0.05 0.24 0.52 1.54 3.91 10.8 18.7 30.6 118 751 ∞
升降式止回阀		12
旋启式止回阀		2
底阀（带滤网）		DN: 40 50 75 100 150 200 300 500 750 K: 12 10 8.5 7 6 5.2 3.7 2.5 1.6
角阀（90°）		5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

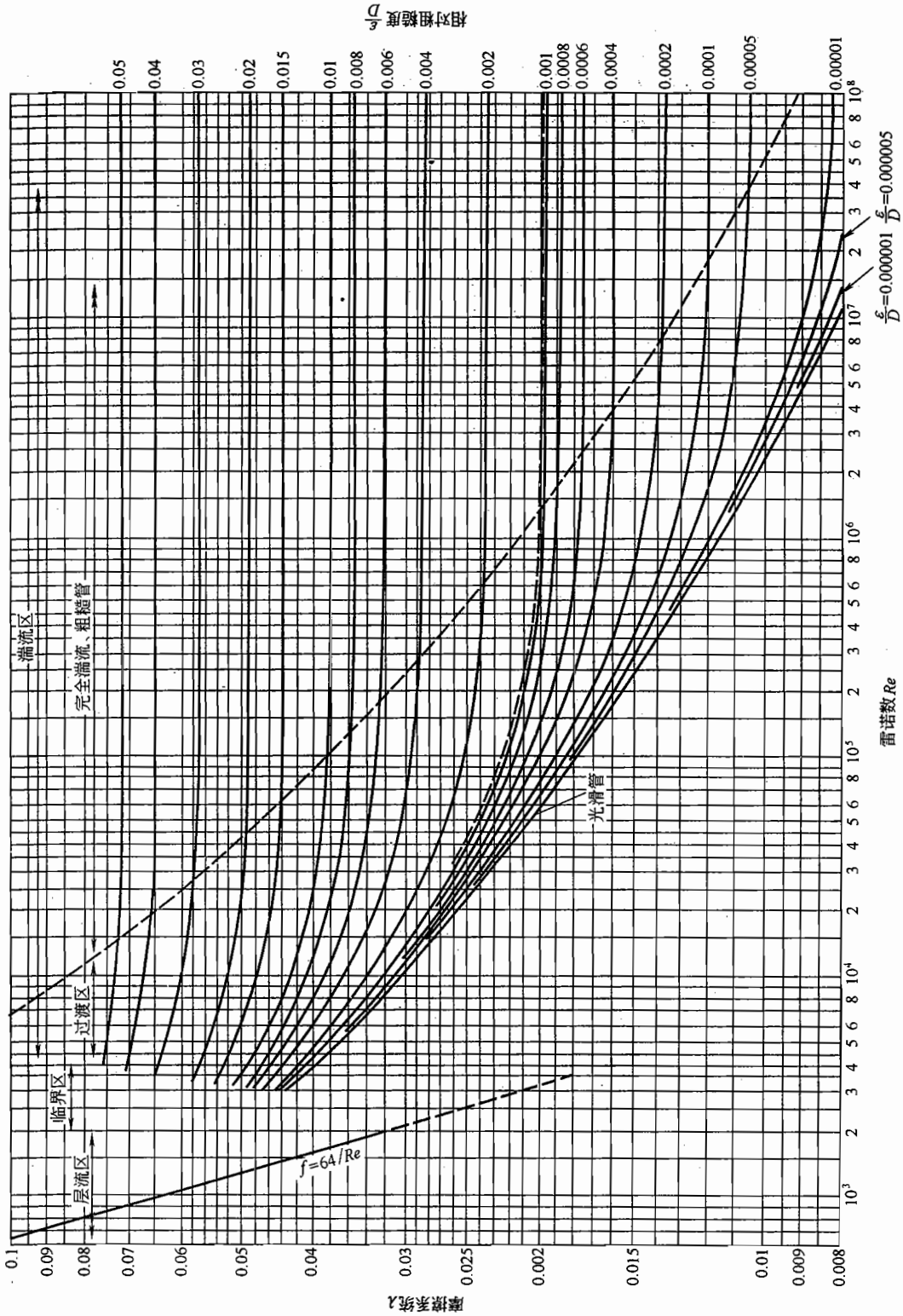


图 25-6　摩擦系数 λ、雷诺数 *Re* 和相对粗糙度 ε/*D* 关系

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

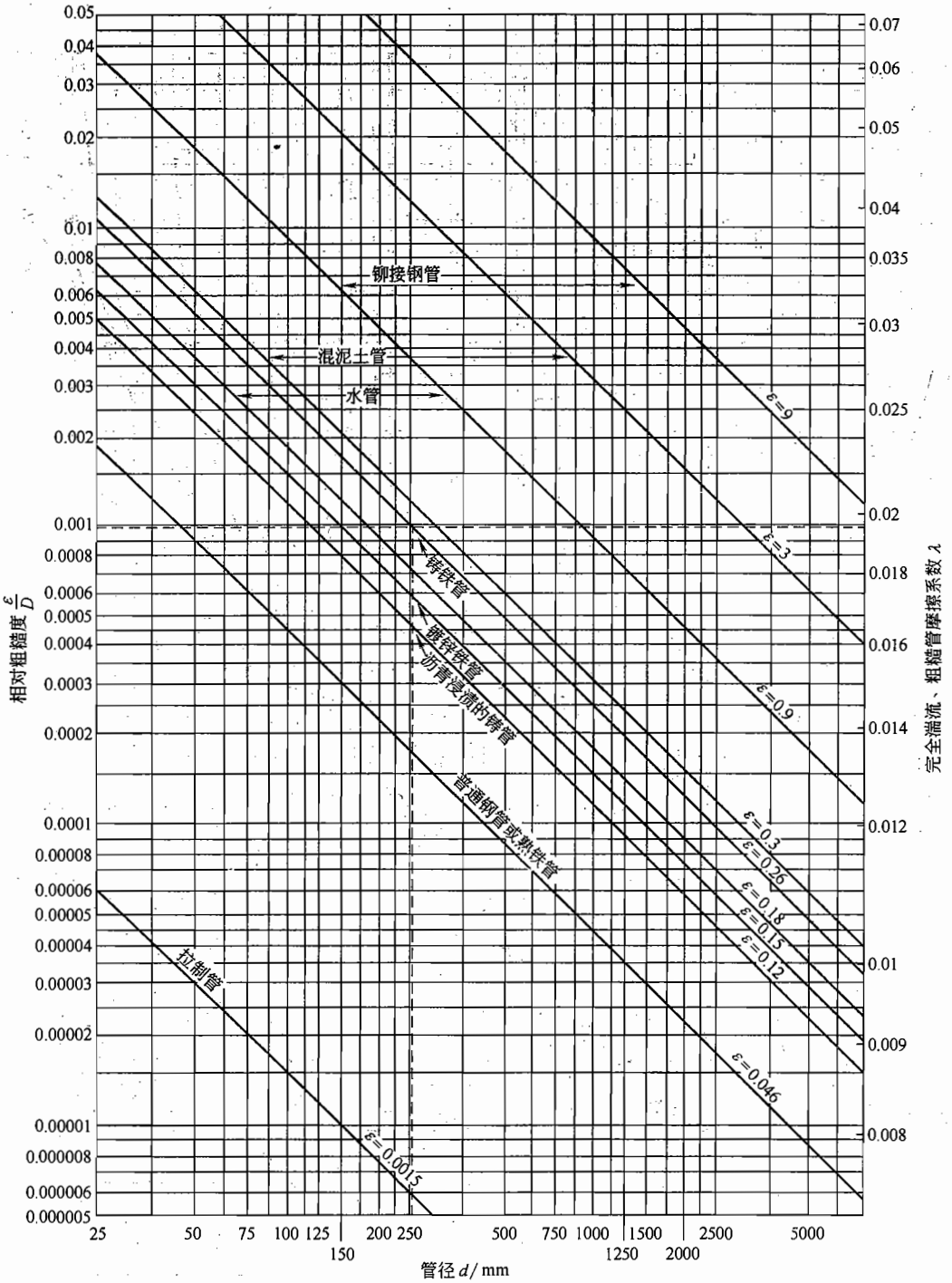


图 25-7 清洁新管的粗糙度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-12 管件、阀门当量长度（用于完全湍流 $\varepsilon=0.000045$m，法兰连接） /m

管件、阀门	公称尺寸 DN																									
	25	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	2100	2400	2700	3000	
标准 90°弯头	0.61	1.25	1.86	2.47	3.66	4.88	6.10	7.62	8.23	9.45	10.67	11.89	14.33	17.37	21.64	25.30	28.65	32.61	36.88	40.23	43.89	50.29	56.39	63.09	69.19	
长半径 90°弯头	0.49	0.94	1.40	1.77	2.62	3.35	4.27	4.88	5.49	6.10	6.71	7.62	8.84	10.97	13.11	15.24	17.07	19.20	21.64	23.47	25.30	28.65	32.31	35.36	38.40	
标准 45°弯头	0.26	0.61	0.85	1.13	1.77	2.41	3.05	3.66	3.96	4.88	5.49	6.10	7.32	9.45	11.28	13.72	15.54	17.68	20.42	22.25	24.38	28.35	32.31	36.58	40.23	
直流三通	0.52	0.85	1.19	1.68	2.56	3.35	4.27	5.18	5.49	6.40	7.32	7.92	9.75	11.89	14.63	16.76	19.20	21.64	24.69	27.13	28.96	33.53	37.80	42.06	46.02	
支流三通	1.58	3.05	4.57	6.10	9.14	12.19	15.24	18.29	20.12	23.16	26.21	29.26	35.36	44.50	53.64	62.79	71.93	81.08	90.22	99.36	108.51	126.80	144.78	163.07	181.36	
180° 回弯头 标准	1.04	2.10	3.05	4.27	6.40	8.53	10.67	12.80	14.02	16.15	18.29	20.42	24.69	31.09	35.66	44.20	49.99	57.00	64.01	70.41	77.11	88.70	100.58	112.17	122.22	
180° 回弯头 长半径	0.82	1.55	2.26	2.93	4.27	5.79	7.01	8.53	9.14	10.67	11.58	12.80	15.54	18.90	22.56	26.21	29.57	33.53	37.80	40.54	44.20	50.29	56.08	62.48	68.58	
截止阀	10.67	21.34	32.00	41.15	60.96	82.30	103.63	121.92	137.16	160.02	179.83	199.64	243.84	289.56	362.71	425.20	484.63	—	—	—	—	—	—	—	—	
闸阀	0.30	0.61	0.82	1.07	1.68	2.16	2.68	3.35	3.66	3.96	4.57	5.18	6.10	7.62	9.45	10.97	12.19	—	—	—	—	—	—	—	—	
角阀	5.49	10.67	15.24	20.42	30.48	39.62	51.82	60.96	67.06	76.20	88.39	99.06	118.87	149.35	179.83	210.31	240.79	—	—	—	—	—	—	—	—	
旋启式止回阀	3.66	7.01	10.67	13.72	20.73	27.43	34.44	41.15	45.42	52.43	59.13	66.14	79.86	100.28	121.01	141.43	162.15	—	—	—	—	—	—	—	—	
 $K=0.04$ 圆角	0.05	0.11	0.18	0.25	0.43	0.58	0.76	0.94	1.07	1.28	1.46	1.65	2.10	2.74	3.35	4.27	4.88	5.79	6.71	7.32	8.23	9.75	11.28	12.80	14.33	
 $K=0.23$ 小圆角	0.28	0.64	0.98	1.40	2.53	3.35	4.27	5.49	6.10	7.32	8.53	9.45	12.19	15.85	19.51	24.69	28.04	33.53	38.71	42.06	47.55	56.08	64.92	73.76	82.30	
 $K=0.50$ 锐边	0.61	1.37	2.26	3.05	5.49	7.32	9.45	11.89	13.41	16.15	18.29	20.73	26.21	34.44	42.06	53.34	60.96	72.54	83.82	91.44	103.02	121.92	141.12	160.02	179.22	
 $K=0.78$	0.94	2.13	3.66	4.88	8.23	11.28	14.94	18.29	20.73	24.99	28.65	32.00	41.15	53.34	65.53	83.21	95.10	112.78	130.76	142.65	160.63	190.20	220.07	249.63	279.50	
 $K=1.0$	1.22	2.74	4.57	6.10	10.97	14.63	18.90	23.77	26.82	32.31	36.58	41.45	52.43	68.88	84.12	106.68	121.92	145.08	167.64	182.88	206.04	243.84	282.24	320.04	358.44	
完全湍流流量边界 雷诺数	7×10^5	9×10^5	1×10^6	2×10^6	2.5×10^6	3×10^6	4×10^6	6×10^6	9×10^6	1×10^7	1×10^7	1×10^7	2×10^7	3×10^7	4×10^7	5×10^7	5×10^7	6×10^7	7×10^7	8×10^7	9×10^7	1×10^8	1×10^8	2×10^8	2×10^8	
完全湍流流量边界 范宁摩擦系数	0.0056	0.00475	0.00435	0.0041	0.0037	0.0035	0.00335	0.0032	0.00315	0.00305	0.003	0.00295	0.0028	0.0027	0.0026	0.0025	0.00245	0.00238	0.00229	0.00225	0.00222	0.00219	0.00215	0.00212	0.0021	

注：对于两相流，所列数据值需乘以 2.0 后使用（摘自国外某工程公司设计手册）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.5.2 单相流（不可压缩流体）管道的压力降计算

单相流管道的压力降计算的理论基础见表 25-13 所列公式，并假设流体是在绝热、不对外做功和等焓的条件下流动，不可压缩流体的密度保持常数不变。

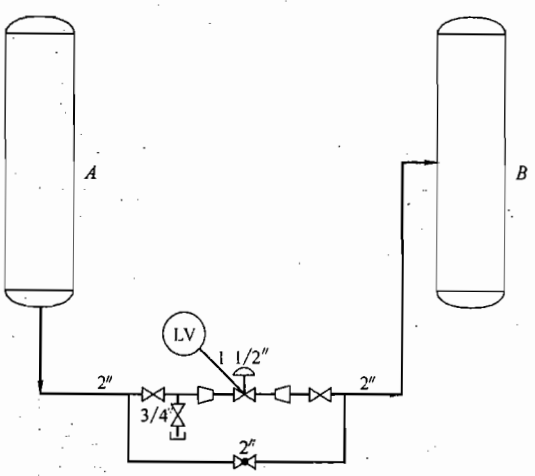
表 25-13 单相流管道的压力降计算公式

名 称	公 式
连续性方程	$Q=\frac{\pi}{4}D^2u=$常数 (25-34)
机械能衡算式	$\Delta p=\Delta p_H+\Delta p_V+\Delta p_f$ (25-35) $=(Z_2-Z_1)\rho g+\frac{u_2^2-u_1^2}{2}\rho+\left(\lambda\frac{L}{D}+\sum K\right)\frac{u^2}{2}\rho$ 式中 Δp_H——静压力降，Pa Δp_V——加速度压力降，Pa Δp_f——阻力压力降，Pa Z_1, Z_2——管道起点、终点的标高，m u_2, u_1——管道起点、终点的流速，m/s u——流体平均流速，m/s
摩擦因子计算式	参见表 25-8

工程中，由于管材标准容许管径和壁厚有一定程度的偏差，以及管道、管件和阀门等所采用的阻力系数与实际情况也存在偏差，所以，通常对最后计算结果乘以 15%的安全系数。

(1) 简单管道的设计型计算

例 4 A 塔底部液相出料依靠 A、B 两塔的压差输送至 B 塔，流量 12m³/h，流体密度 616kg/m³，黏度 0.15cP，管道全长 55m，管道起点压力 350kPa、标高 2m，管道终点压力 150kPa、标高 18m，管道包含 9 个 90°标准弯头，2 个闸阀，2 个异径管，2 个直流三通，一个调节阀。管道为无缝钢管。求管径和调节阀的许用压力降。



例 4 附图

解 查常用流速表得：

$u=0.5\sim3$m/s，取 $u=1.5$m/s

$$D=0.0188\left(\frac{Q}{u}\right)^{1/2}=0.0188\left(\frac{12}{1.5}\right)^{1/2}=0.053\text{m}$$

初估管径 $DN50$mm

流体流速 $u=\frac{Q}{\frac{\pi}{4}D^2}=\frac{12/3600}{\frac{\pi}{4}0.05^2}=1.70$m/s

雷诺数 $Re=\frac{Du\rho}{\mu}=\frac{0.05\times1.70\times616}{0.15\times10^{-3}}=349066$

相对粗糙度 $\frac{\varepsilon}{D}=\frac{0.10\times10^{-3}}{0.05}=0.002$

根据表 25-8，求摩擦因子 λ

因为 $\frac{\varepsilon}{D}>\frac{560}{Re}=\frac{560}{349066}=0.0016$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=1.74-2\lg\left(\frac{2\varepsilon}{D}\right)=1.74-2\lg(2\times0.002)$$

$\lambda=0.0234$

根据表 25-11，求得局部阻力系数如下表。

名 称	阻力系数	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	0.75	9	6.75
闸阀	0.17	2	0.34
异径管	0.55+0.17	1	0.72
直流三通	0.38	2	0.76
塔器出口(锐边)	0.5	1	0.5
塔器入口	1.0	1	1.0
小计$\sum K$			10.07

阻力压力降

$$\Delta p_f=\left(\lambda\frac{L}{D}+\sum K\right)\frac{u^2}{2}\rho=\left(0.0234\times\frac{55}{0.05}+10.07\right)\times\frac{1.7^2}{2}\times616$$

$=31875\text{Pa}=31.88\text{kPa}$

静压力降

$\Delta p_H=(Z_2-Z_1)\rho g=(18-2)\times616\times9.81$

$=96687\text{Pa}=96.69\text{kPa}$

加速度压力降

$$\Delta p_V=\frac{u_2^2-u_1^2}{2}\rho=\frac{1.7^2-0}{2}616=890\text{Pa}=0.89\text{kPa}$$

$\Delta p=1.15(\Delta p_H+\Delta p_V+\Delta p_f)=1.15\ (96.69+31.88+0.89)=148.88$kPa

式中，1.15 为安全系数。

调节阀的许用压力降为

$\Delta p_{\text{control vavle}}=p_{(\text{终点})}-p_{(\text{起点})}-\Delta p$

$=350-150-148.88=51.12$kPa

调节阀的许用压力降占整个管路压力降的比例为

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

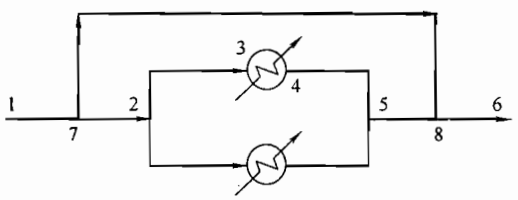
$$\frac{\Delta p_{\text{control vavle}}}{\Delta p}=\frac{51.12}{200}=0.26$$

通常此比例值为 30%左右，所以可以接受初步估计管径为 *DN*50，调节阀的许用压力降 51.12kPa 的结果。

(2) 复杂管道的压力降计算

例 5　石脑油经预热后作为进料送入乙烯裂解炉，换热器的配管对称布置，并设一旁路管道。换热器的压降 60kPa。流体的物性参数和配管的情况详见下表。管道为无缝钢管。求整个管道的压降和旁通管路的管径。

管段	管径 *DN* /mm	流量 /(kg/h)	温度 /℃	密度 /(kg/m³)	黏度 /cP	管长 /m	阀门和管件
1—2	200	100642	15	708	0.496	80	5 个 90°标准弯头 1 个直流三通 1 个支流三通 1 个闸阀
2—3	200	50321	15	708	0.496	5	1 个 90°标准弯头 1 个闸阀
4—5	200	50321	60	666	0.313	5	1 个 90°标准弯头 1 个闸阀
5—6	200	100642	60	666	0.313	30	6 个 90°标准弯头 1 个直流三通 1 个支流三通 1 个闸阀
7—8	200	100642	15	708	0.496	15	3 个 90°标准弯头 2 个支流三通 1 个闸阀



例 5 附图

解　1. 管道的总压力降

流体流速　$u=\dfrac{W}{\frac{\pi}{4}D^2\rho}=\dfrac{100642/3600}{\frac{\pi}{4}0.2^2\times708}=1.26\text{m/s}$

雷诺数　$Re=\dfrac{Du\rho}{\mu}=\dfrac{0.2\times1.26\times708}{0.496\times10^{-3}}=359710$

相对粗糙度　$\dfrac{\varepsilon}{D}=\dfrac{0.10\times10^{-3}}{0.2}=0.0005$

根据表 25-8，求摩擦因子 λ

$$\frac{560}{Re}=\frac{560}{359710}=0.0016$$

$$\frac{15}{Re}=\frac{15}{359710}=0.000042$$

由于　$\dfrac{560}{Re}>\dfrac{\varepsilon}{D}>\dfrac{15}{Re}$，得

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=1.74-2\lg\left(\frac{2\varepsilon}{D}+\frac{18.7}{Re\sqrt{\lambda}}\right)$$

$$=1.74-2\lg\left(2\times0.0005+\frac{18.7}{359710\sqrt{\lambda}}\right)$$

试差求得摩擦因子 $\lambda=0.0180$，根据表 25-12，求得当量长度如下表。

名　称	当量长度	数量	当量长度×数量
5 个 90°标准弯头	4.88	5	24.4
1 个直流三通	3.35	1	3.35
1 个支流三通	12.19	1	12.19
1 个闸阀	2.16	1	2.16
小计 ΣL_e			42.1

阻力压力降

$$\Delta p_f=\lambda\frac{L+L_e}{D}\times\frac{u^2}{2}\rho$$

$$=0.0180\times\frac{80+42.10}{0.2}\times\frac{1.26^2}{2}\times708$$

$$=6176\text{Pa}$$

压力降　$\Delta p=1.15(\Delta p_H+\Delta p_V+\Delta p_f)$

$=1.15\times(0+0+6176)=7102\text{kPa}$

式中，1.15 为安全系数。

按照上述步骤可求出所有管段的压力降，详见下表。

管段	流量/(kg/h)	流速 *u*/(m/s)	雷诺数 *Re*	摩擦因子 λ
1—2	100642	1.26	359001	0.0180
2—3	50321	0.63	179500	0.0190
4—5	50321	0.67	284448	0.0183
5—6	100642	1.34	568896	0.0176
小计				

管段	L_e/m	L/m	$L+L_e$/m	Δp_f/Pa	Δp/Pa
1—2	42.10	80	122.10	6176	7102
2—3	7.04	5	12.04	161	185
4—5	7.04	5	12.04	165	189
5—6	46.98	30	76.98	4051	4658
小计				10553	12134

管道的总压力降 $\Delta p_f=12134\text{Pa}$（不包括换热器的压力降）

2. 确定旁通管路管径

选择不同的管径，按上述的方法求出相应管径的旁通管路压力降，详见下表。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

管段	流量/(kg/h)	管径	流速 u/(m/s)	雷诺数 Re	摩擦因子 λ	L_e/m	L/m	$L+L_e$/m	Δp_f/Pa	Δp/Pa
7—8	100642	*DN*200	1.26	359001	0.0180	41.18	15	56.18	2842	3268
7—8	100642	*DN*150	2.24	638224	0.0175	30.94	15	45.94	9520	10948
7—8	100642	*DN*100	5.03	1436003	0.0167	20.68	15	35.68	53344	61345

由于换热器的压力降为60000Pa，旁通管道压力降必须小于60000Pa。所以取旁通管道管径为*DN*150。

1.5.3 单相流（可压缩流体）管道的压力降计算

气体有较大的压缩性，其密度随压强的变化而变化。另外，随着压强的降低和体积膨胀，温度往往也随之降低，从而影响气相流体的黏度，最终造成压力降与管长不成正比的结果。根据能量恒等方程，有

$$g\mathrm{d}z+d\frac{u^2}{2}+\frac{\mathrm{d}p}{\rho}+\lambda\frac{dl}{D}\times\frac{u_2^2}{2}=0 \qquad (25\text{-}36)$$

由于气体流体的密度通常很小，特别在水平管中，位能差和其他各项相比小得多，所以上式中的位能项 $g\mathrm{d}z$ 可以忽略不计。

另外，摩擦因子 λ 是雷诺数 Re 和管壁相对粗糙度 ε/D 的函数，由于气体流体的雷诺数 Re 通常很大，已处于阻力平方区，摩擦因子 λ 与雷诺数 Re 无关，保持不变。如果气体流体的雷诺数 Re 不处于阻力平方区，由于

$$Re=\frac{D u \rho}{\mu}=\frac{DG}{\mu} \qquad (25\text{-}37)$$

式中，G 为质量流率[kg/(m^2 · s)]，沿管长保持不变。在等径管输送时，Re 只与气体的温度有关。对于等温或温度变化不太大的流动过程，λ 也可以看成是沿管长不变的常数。反之，则可以把管道分成若干段，在每个管段中可以认为 λ 是沿管长不变的常数。

把气体流速 $u=\frac{G}{\rho}$ 代入式（25-7），积分得到

$$G^2\ln\frac{p_1}{p_2}+\int_{p_1}^{p_2}\rho\mathrm{d}p+\lambda\frac{G^2}{2}\times\frac{L}{D}=0 \qquad (25\text{-}38)$$

(1) 等温流动

对于等温流动，根据理想气体状态方程有

$$\frac{p}{\rho}=\text{常数}$$

代入式（25-7）得

$$G^2\ln\frac{p_1}{p_2}+(p_2-p_1)\rho_m+\lambda\frac{G^2}{2}\times\frac{L}{D}=0 \qquad (25\text{-}39)$$

式中 ρ_m ——平均压强下气体的密度，kg/m^3。

(2) 绝热流动

对于绝热流动，根据理想气体状态方程，有

$$\frac{p}{\rho^k}=\text{常数}$$

式中，k 为绝热指数，$k=\frac{c_p}{c_v}$。（c_p 为比定压热容，c_v 为比定容热容）。常温常压下，单原子气体 $k=1.67$（如 He），双原子气体（如 CO）$k=1.40$，三原子气体（如 SO_2）$k=1.30$。

代入式（25-7）得

$$\frac{G^2}{k}\ln\frac{p_1}{p_2}+\frac{k}{k+1}p_1\rho_1\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}-1\right]+\lambda\frac{G^2}{2}\times\frac{L}{D}=0 \qquad (25\text{-}40)$$

(3) 临界流动

气体流速达到音速时，称为临界流动。可压缩流体在管道中可以达到的最大速度就是音速。流体流速达到音速后，即使下游压力进一步下降，管内的流速也不会增加，相应的，系统压力降也不会增加。所以，计算可压缩流体流动压力降时，应校核流速是否大于音速，当流速大于音速时，以音速作为计算压力降流速。对于设计型计算，应该避免管内流速大于音速的情况发生。气体的音速按下列公式计算。

等温流动

$$u=\sqrt{\frac{RT}{M}} \qquad (25\text{-}41)$$

绝热流动

$$u=\sqrt{\frac{kRT}{M}} \qquad (25\text{-}42)$$

式中 u——流体音速，m/s；

R——气体常数，$R=8.314\times10^3$J/(kmol · K)；

T——热力学温度，K；

M——气体分子量，kg/kmol。

例6 可压缩流体压力降的设计型计算

乙烯裂解炉进料系统中，气相LPG经过进料缓冲罐后经气相输料管送至乙烯裂解炉。流量66000kg/h，流体密度12.76kg/m^3，黏度0.01cP，温度80℃，分子量44.1，绝热指数 $k=1.15$，管道全长300m，管道起点压力800kPa（a），管道终点压力750kPa（A），管道包含9个90°标准弯头，2个闸阀。管道为无缝钢管，管外加装保温层。求管径和压力降。

解 查常用流速表得，$u=10\sim15$m/s，取 $u=$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

15m/s

$$D=0.0188\left(\frac{W}{u\rho}\right)^{1/2}=0.0188\times\left(\frac{66000}{15\times12.76}\right)^{1/2}$$

$$=0.349\text{m}$$

① 初估管径为 $DN350$。因为管外有保温层，所以可作为绝热流动考虑。

绝热流动的气体音速为

$$u=\sqrt{\frac{kRT}{M}}=\sqrt{\frac{1.15\times8.314\times(273+80)}{44.1\times10^{-3}}}$$

$$=277\text{m/s}$$

质量流速为

$$G=\frac{66000}{\frac{\pi}{4}\times0.35^2\times3600}=190.6\text{kg/(m}^2\cdot\text{s)}$$

流速 $u=\frac{G}{\rho}=\frac{190.6}{12.76}=14.94\text{m/s}$，小于气体音速

故可以应用流速 $u=14.94\text{m/s}$ 作为计算基准。

雷诺数 $Re=\frac{DG}{\mu}=\frac{0.35\times190.6}{0.01\times10^{-3}}=6.671\times10^6$

相对粗糙度 $\frac{\varepsilon}{D}=\frac{0.10\times10^{-3}}{0.35}=2.857\times10^{-4}$

根据表 25-8，求摩擦因子 λ，

$$\frac{560}{Re}=\frac{560}{6.671\times10^6}=8.395\times10^{-5}$$

$$\frac{\varepsilon}{D}>\frac{560}{Re}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}=1.74-2\lg\left(\frac{2\varepsilon}{D}\right)=1.74-2\lg(2\times2.857\times10^{-4})$$

$$\lambda=0.0148$$

根据表 25-12，求得管件当量长度见下表。

名　称	当量长度	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	8.23	9	74.07
闸阀	3.66	2	7.32
缓冲罐出口(锐边)	13.41	1	13.41
小计 L_e			94.80

$$\frac{G^2}{k}\ln\frac{p_1}{p_2}+\frac{k}{k+1}p_1\rho_1\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}-1\right]+\lambda\frac{G^2}{2}\times\frac{L}{D}=$$

$$\frac{190.6^2}{1.15}\ln\frac{800}{p_2}+\frac{1.15}{1.15+1}\times800\times10^3\times$$

$$12.76\times\left[\left(\frac{p_2}{800}\right)^{\frac{1.15+1}{1.15}}-1\right]+$$

$$0.0148\times\frac{190.6^2}{2}\times\frac{300+94.80}{0.35}=0$$

试差求得 $p_2=776\text{kPa}$

$$\Delta p=1.15\times(800-776)=27.6\text{kPa}$$

式中，1.15 为安全系数。

$$\Delta p<(800-750)=50\text{kPa}$$

② 因 Δp 有较大的余量，再假设管径为 $DN300$，求 Δp

质量流速 $G=\frac{66000}{\frac{\pi}{4}\times0.30^2\times3600}=259.5\text{kg/(m}^2\cdot\text{s)}$

流速 $u=\frac{G}{\rho}=\frac{259.5}{12.76}=20.34\text{m/s}$，小于气体音速，可以应用流速 $u=20.34\text{m/s}$ 作为计算基准。

雷诺数 $Re=\frac{DG}{\mu}=\frac{0.30\times259.5}{0.01\times10^{-3}}=7.785\times10^6$

$$\frac{560}{Re}=\frac{560}{7.785\times10^6}=7.193\times10^{-5}$$

$$\frac{\varepsilon}{D}>\frac{560}{Re}$$

摩擦因子仍然为 $\lambda=0.0148$，根据表 25-12，求得管件当量长度见下表。

名　称	当量长度	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	7.62	9	68.58
闸阀	3.35	2	6.70
缓冲罐出口(锐边)	11.89	1	11.89
小计 L_e			87.17

$$\frac{G^2}{k}\ln\frac{p_1}{p_2}+\frac{k}{k+1}p_1\rho_1\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}-1\right]+\lambda\frac{G^2}{2}\times\frac{L}{D}=$$

$$\frac{259.5^2}{1.15}\ln\frac{800}{p_2}+\frac{1.15}{1.15+1}\times800\times10^3\times12.76\times$$

$$\left[\left(\frac{p_2}{800}\right)^{\frac{1.15+1}{1.15}}-1\right]+0.0148\times\frac{259.5^2}{2}\times$$

$$\frac{300+87.17}{0.30}=0$$

试差求得 $p_2=748\text{kPa}$

$$\Delta p=1.15\times(800-748)=59.8\text{kPa}$$

式中，1.15 为安全系数。

因 $\Delta p>50\text{kPa}$，$DN300$ 不可取。

③ 结论　选择管径为 $DN350$。压降为 27.6kPa。

1.5.4 气液两相流（非闪蒸型）管道的压力降计算

气体和液体在管道中并行流动称为两相流。在化工设计中经常遇到这样的工况，例如：蒸汽发生器，冷凝器，气液反应器入口管段等场合。但是两相流的流动情况比单相流复杂得多，存在着多种流型的变化，给流动压力降的计算方程式的实验回归和理论推导带来了很大的困难。现阶段主要应用一些半理论、半经验的关联式进行流动压力降的计算。

两相流管道压力降计算的前提是确定两相流动的流型，然后在此基础上选用相应的计算公式进行

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

计算。

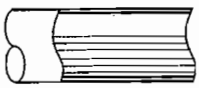
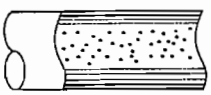
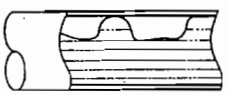
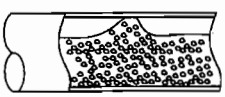
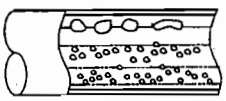
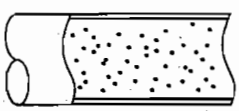
(1) 流型判断

① 水平管内的基本流型 水平管内气液两相流的基本流型主要决定于气速和液速的大小，管径和流体的性质也是影响因素之一。一般来说，水平管内气液两相流的基本流型分为7类，详见表25-14。

有关水平管内气液两相流的基本流型的判定和流型转变的界定的文献有许多，但是由于实验方法和条件等方面的差异造成了各家对水平管内气液两相流的基本流型的判定和流型转变的界定不尽相同。图25-8给出了Troniewski提供的水平流型图。图中，G_g，G_l为气相和液相的质量流速，kg/(m^2·s)。

$$\lambda=\left(\frac{\rho_g}{\rho_a}\times\frac{\rho_l}{\rho_w}\right)^{0.5} \tag{25-43}$$

表25-14 水平管内气液两相流的基本流型

流型	图例	特征说明	气体、液体表面速度
分层流		液相和气相速度都很低，气液分层流动，气液表面比较平滑	$u_{sg}\approx$0.6～3m/s $u_{sl}<$0.15m/s
波动流		气液分层流动，但两相间的相互作用增强，界面上出现振幅较大的波动	$u_{sg}\approx$4.5m/s $u_{sl}<$0.3m/s
环状流		液体成膜状沿管壁流动，但膜厚不均匀，管底处的液膜厚得多，气体在管中心夹带着液滴高速地流动	$u_{sg}>$6m/s
塞状流		气体呈弹头性大气泡，气泡倾向于沿管顶流动。沿管上部液体和气体如活塞状交替运动	$u_{sg}<$0.9m/s $u_{sl}<$0.6m/s
液节流		泡沫液节沿管道流动，液相虽然连续但是夹带着许多气泡，管中常有突然的压力脉动，造成管道振动	
气泡流		气泡分散在连续的液相中，当气速较低时，气泡聚集于管顶，随着气速增加，气泡分布趋于均匀	$u_{sg}\approx$0.3～3m/s $u_{sl}\approx$1.5～4.5m/s
雾状流		管道内的液体大部分甚至全部被雾化，由气体夹带着高速流动	$u_{sg}>$60m/s

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

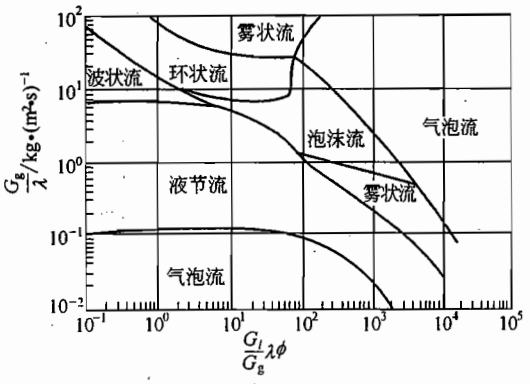


图 25-8　Troniewski 水平流型

$$\Phi=\left(\frac{\sigma_w}{\sigma_l}\right)\left[\left(\frac{\mu_l}{\mu_w}\right)\left(\frac{\rho_w}{\rho_l}\right)^2\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (25\text{-}44)$$

式中　ρ_a，ρ_w——分别代表空气和水的密度；

σ_l，σ_w——分别代表液相和水的表面张力。

② 垂直管内的基本流型　垂直管内气液两相流的基本流型和水平管一样主要决定于气速和液速的大小，管径和流体的性质也是影响因素之一。一般来说，垂直管内气液两相流的基本流型可详见表 25-15。图 25-9 给出了 Troniewski 提供的垂直流型图。

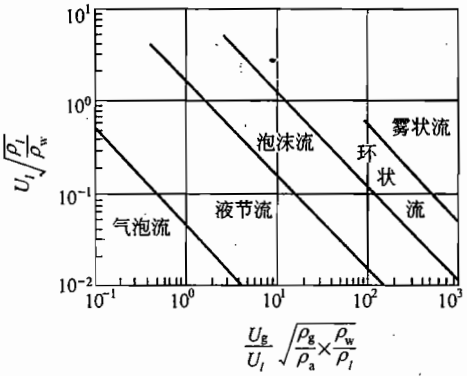
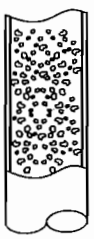
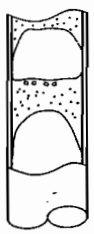


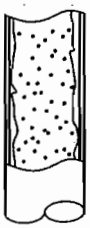
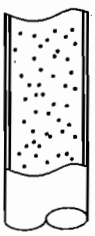
图 25-9　Troniewski 垂直流型

表 25-15　垂直管内气液两相流的基本流型

流　型	图　例	特　征　说　明	气体、液体表面速度
气泡流		液体在垂直管内上升流动，气体以气泡的形式分散于液体中。随着气速的增加，气泡的尺寸和个数逐渐增加	$u_{sg}\approx 0.3\sim 3\text{m/s}$ $u_{sl}\approx 1.5\sim 4.5\text{m/s}$
液节流		大部分气体形成弹头性大气泡，其直径大于管道半径。气泡均匀向上运动。液体中的气泡呈分散状态。当含气量进一步增加弹头性大气泡的长度和运动速度都相应增加	
泡沫流		弹头型气泡变得狭长并发生扭曲，相邻气泡间液节中的液体被气体反复冲击。呈现液体振动和方向交变的特征	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

流 型	图 例	特 征 说 明	气体、液体表面速度
环状流		液体成膜状沿管壁流动，但膜厚不均匀，气体在管中心夹带着液滴高速地流动	$u_{sg}>6m/s$
雾状流		管道内的液体大部分甚至全部被雾化，由气体夹带着高速流动	$u_{sg}>60m/s$

根据对水平和垂直管内气液两相流基本流型的解读，发现水平管内塞状流和液节流及垂直管内液节流和泡沫流流型所表现出的液体和气体的交互作用最大，会引起管道的剧烈振动。因此，在工程中，通常采取缩小或增大管径的方法避免上述流型的产生。

(2) 压降

① 持液量 由于两相流中气体的真实速度和液体的真实速度不相等，存在着相对速度。所以沿着通道各相所占的截面积并不与气液两相的进口流量成正比。按 Hughmark 法，可由式 (25-45) 计算平均持气量 $\bar{\varepsilon}_g$。

$$\bar{\varepsilon}_g=\frac{u_{sg}}{u_{sg}+u_{sl}}\overline{K} \tag{25-45}$$

当 $Z<10$ 时

$$\overline{K}=-0.16367+0.310372Z-0.03525Z^2+0.001366Z^3 \tag{25-46}$$

当 $Z\geqslant10$ 时

$$\overline{K}=0.75545+0.003585Z-0.1436\times10^{-4}Z^2 \tag{25-47}$$

$$Z=Re_m^{1/6}Fr_m^{1/8}C_l^{-1/4} \tag{25-48}$$

$$Re_m=\frac{D(\rho_g u_{sg}+\rho_l u_{sl})}{\bar{\varepsilon}_g\mu_g+\bar{\varepsilon}_l\mu_l} \tag{25-49}$$

$$Fr_m=\frac{(u_{sg}+u_{sl})^2}{gD} \tag{25-50}$$

$$C_l=\frac{u_{sl}}{u_{sg}+u_{sl}} \tag{25-51}$$

② Dukler 法计算压力降 Dukler 根据两相恒定滑动速度的假定，提出了 Dukler 法摩擦损失计算式。此计算方法对水平和垂直管气液两相流都适用，平均误差约为 20%。

$$\Delta p_f=2f_{TP}L\frac{G_m^2}{D\rho_m} \tag{25-52}$$

$$f_{TP}=\alpha\beta f_l \tag{25-53}$$

$$f_l=0.0014+0.125Re_m^{-0.32} \tag{25-54}$$

$$Re_m=\frac{DG_m}{\mu_m} \tag{25-55}$$

$$\mu_m=\mu_l C_l+\mu_g(1-C_l) \tag{25-56}$$

$$G_m=\rho_g u_{sg}+\rho_l u_{sl} \tag{25-57}$$

$$\rho_m=\rho_l C_l+\rho_g(1-C_l) \tag{25-58}$$

$$C_l=\frac{u_{sl}}{u_{sg}+u_{sl}} \tag{25-59}$$

式中 下标 m ——气液混合物；

ρ_m——两相平均密度，kg/m^3；

G_m——两相流的质量流量，$kg/(m^2\cdot s)$；

α，β——校正系数，按式(25-60)、式(25-61)计算。

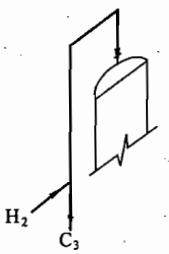
$$\alpha=1+(-\ln C_l)/[1.281-0.478(-\ln C_l)+0.444(-\ln C_l)^2-0.094(-\ln C_l)^3+0.00843(-\ln C_l)^4] \tag{25-60}$$

$$\beta=\frac{\rho_l C_l^2}{\rho_m\bar{\varepsilon}_l}+\frac{\rho_g(1-C_l^2)}{\rho_m\bar{\varepsilon}_g} \tag{25-61}$$

例 7 C_3 加氢反应器进口管道的压力降计算。对于 C_3 加氢反应器而言，氢气在反应器进口管道上注入（见附图 1），管道中便形成了氢气和 C_3 的气液两相流。$G_l=56333kg/h$，$G_g=117kg/h$，$\rho_l=469kg/m^3$，

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$\rho_g = 3.22\text{kg/m}^3$，$u_l = 0.08\text{cP}$，$u_g = 0.01\text{cP}$，管径 $DN150$，长度 12m，高度差 8m，90°标准弯头 2 个。求该段管道的压力降。



例 7 附图 1

解 (1) 以 Troniewski 法作流型判断依据

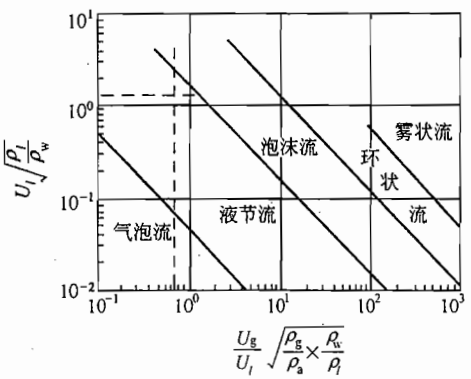
$$U_{sl}=\frac{G_l}{\rho_l}=\frac{\frac{56333}{3600}}{\frac{\pi}{4}\times 0.15^2\times 469}=1.89\text{m/s}$$

$$U_{sg}=\frac{G_g}{\rho_g}=\frac{\frac{117}{3600}}{\frac{\pi}{4}\times 0.15^2\times 3.22}=0.57\text{m/s}$$

$$U_{sl}\sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_w}}=1.89\times\sqrt{\frac{469}{1000}}=1.29\text{m/s}$$

$$\frac{U_{sg}}{U_{sl}}\sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_a}\times\frac{\rho_w}{\rho_l}}=\frac{0.57}{1.89}\times\sqrt{\frac{3.22}{1.16}\times\frac{1000}{469}}=0.734\text{m/s}$$

由附图 2 查得，(0.734，1.29) 处为液节流区域，本应设法避免，但是在气液流量确定的前提下，改变管径，坐标点将在 $\frac{U_{sg}}{U_{sl}}\sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_a}\times\frac{\rho_w}{\rho_l}}=0.734$ 上移动，如果将坐标点上移将进入泡沫流区域，该区域的气液振动更大；如果将坐标点下移将进入气泡流区域，则需将管径放大至 $DN600$，非常不经济。可以通过加固管道的方法避免管道的强烈振动。



例 7 附图 2

(2) 应用 Hughmark 法计算持气量

① 基于平均持气量

$$Re_m=\frac{D(\rho_g u_{sg}+\rho_l u_{sl})}{\bar{\varepsilon}_g\mu_g+\bar{\varepsilon}_l\mu_l}$$

$$=\frac{0.15\times(3.22\times0.57+469\times1.89)}{\bar{\varepsilon}_g 0.01\times10^{-3}+(1-\bar{\varepsilon}_g)0.08\times10^{-3}}$$

$$=\frac{133.2\times10^3}{0.08-0.07\bar{\varepsilon}_g}$$

$$Fr_m=\frac{(u_{sg}+u_{sl})^2}{gD}=\frac{(0.57+1.89)^2}{9.81\times0.15}=4.11$$

$$C_l=\frac{u_{sl}}{u_{sg}+u_{sl}}=\frac{1.89}{0.57+1.89}=0.768$$

$$Z=Re_m^{1/6}Fr_m^{1/8}C_l^{-1/4}$$

$$=\left(\frac{133.2\times10^3}{0.08-0.07\bar{\varepsilon}_g}\right)^{1/6}\times4.11^{1/8}\times0.768^{-1/4}$$

平均持气量 $\bar{\varepsilon}_g=\frac{u_{sg}}{u_{sg}+u_{sl}}\overline{K}=\frac{0.57}{0.57+1.89}\overline{K}=0.232\overline{K}$

当 $Z<10$ 时

$$\overline{K}=-0.16367+0.310372Z-0.03525Z^2+0.001366Z^3$$

当 $Z\geqslant10$ 时

$$\overline{K}=0.75545+0.003585Z-0.1436\times10^{-4}Z^2$$

试差求得 $\bar{\varepsilon}_g=0.186$。

② 基于平均持气量

$$\rho_m=\rho_l(1-\bar{\varepsilon}_g)+\rho_g\bar{\varepsilon}_g=469(1-0.186)+3.22\times0.186$$

$$=382\text{kg/m}^3$$

(3) Dukler 法计算摩擦损失

$$\rho_m=\rho_l C_l+\rho_g(1-C_l)=469\times0.768+3.22\times(1-0.768)$$

$$=361\text{kg/m}^3$$

$$G_m=\rho_g u_{sg}+\rho_l u_{sl}$$

$$=3.22\times0.57+469\times1.89=888\text{kg/(m}^2\cdot\text{s)}$$

$$\mu_m=\mu_l C_l+\mu_g(1-C_l)=0.08\times0.768+0.01(1-0.768)=0.064\text{cP}=0.064\times10^{-3}\ \text{Pa}\cdot\text{s}$$

$$Re_m=\frac{DG_m}{\mu_m}=\frac{0.15\times888}{0.064\times10^{-3}}=2.08\times10^6$$

$$f_1=0.0014+0.125Re_m^{-0.32}=0.0014+0.125\times(2.08\times10^6)^{-0.32}=2.59\times10^{-3}$$

$$\alpha=1+(-\ln C_l)/[1.281-0.478(-\ln C_l)+0.444\times(-\ln C_l)^2-0.094(-\ln C_l)^3+0.00843(-\ln C_l)^4]$$

$$=1+(-\ln0.768)/[1.281-0.478(-\ln0.768)+0.444(-\ln0.768)^2-0.094(-\ln0.768)^3+0.00843(-\ln0.768)^4]=1.22$$

$$\beta=\frac{\rho_l C_l^2}{\rho_m\bar{\varepsilon}_l}+\frac{\rho_g(1-C_l^2)}{\rho_m\bar{\varepsilon}_g}=\frac{469\times0.768^2}{361\times(1-0.186)}+\frac{3.22(1-0.768^2)}{361\times0.186}=0.961$$

$$f_{TP}=\alpha\beta f_1=1.22\times0.961\times2.59\times10^{-3}$$

$$=3.04\times10^{-3}$$

根据表 25-12，求得管件当量长度如下表。

名　称	当量长度	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	3.66×2	2	14.64
小计 L_e			14.64

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$\Delta p_f = 2f_{TP}(L+L_e)\frac{G_m^2}{D\rho_m} = 2\times 3.04\times 10^{-3}\times(12+14.64)\times\frac{888^2}{0.15\times 361} = 2359\text{Pa}$$

$$\Delta p = 1.15(\Delta p_H + \Delta p_V + \Delta p_f)$$

$$= 1.15\left((Z_2-Z_1)\rho_m g + \frac{u_2^2-u_1^2}{2}\rho + \Delta p_f\right)$$

$$= 1.15\times(8\times 382\times 9.81+0+2359) = 37189\text{Pa} = 37.2\text{kPa}$$

式中，1.15为安全系数。

1.5.5 气液两相流（闪蒸型）管道的压力降计算

管内是两相流体流动时，随着流体压力的降低和温度的变化（与管外环境的热传递），或是部分液体将闪蒸成气体，或是部分气体将冷凝成液体。在沿管长的流动中，流体的气液相比例一直在发生变化。计算（闪蒸型）气液两相流的管道压力降，可以按照下列两种方法进行。

① 根据具体的工况，作出压力和密度对应的关系图表，然后把整个管道划分成若干个管段，分段计算阻力降。管段划分的密度一般根据压力-密度曲线的陡峭程度来确定，在压力-密度曲线比较平坦的区域管段分得相对少一些，在压力-密度曲线比较陡峭的区域管段分得相对多一些。

② 应用 Dukler 法计算。

（闪蒸型）气液两相流管道阻力降的计算步骤示例如下。

例 8 冷凝水回流至冷凝水回收装置，流量 100kg/s，$\rho_l = 943\text{kg/m}^3$，$\rho_g = 1.12\text{kg/m}^3$，$u_l = 0.232\text{cP}$，$u_g = 0.013\text{cP}$，起始压力 199kPa，管径 *DN*200，长度 200m，高度差 0m，管外加装保温层。求该段管道的压力降。

解 因为管外有保温层，所以可以作为绝热流动来考虑。根据相平衡数据和能量守恒方程，计算得到下表。

压力/kPa	温度/℃	液相体积比率	汽相体积比率
2.03	120.00	1.000	0.000
2.028	120.00	1.000	0.000
2.027	120.00	1.000	0.000
2.027	120.00	1.000	0.000
2.026	120.00	1.000	0.000
2.024	120.00	1.000	0.000
199.00	120.08	1.000	0.000
198.41	119.99	0.982	0.018
198.29	119.97	0.952	0.048
198.16	119.95	0.923	0.077
198.03	119.93	0.895	0.105
197.90	119.91	0.868	0.132

先以单相流计算方法，算出流体压力降至 199.00kPa 所需要经过的管道长度。再把剩余的管道等分成 5 段，分段计算每段管道的压力降。每段管道的汽相比率以每段管道起始点的状态近似替代。最后，累加各段阻力降得出整段管道的压力降。详细计算过程从略。

1.5.6 真空系统

（1）流动状态判断

在真空状态下，气体的平均自由程度增大，分子间的碰撞频率减小。随着真空度的增加，分子间的碰撞频率越来越小，气体在管内流动时主要是与管壁发生碰撞。因此在计算压力降前，需要对气体的流动状态进行界定，并在此基础上，选择相应的计算公式计算压降。真空状态下，气体的流动状态分为三种，详见表 25-16。

表 25-16 真空状态下的气体流动状态

流动状态	边界条件	特征
分子流	$pD<0.0197\text{Pa}\cdot\text{m}$	气体分子的平均自由程大于管径 D，气体不与其他分子碰撞，在流动中几乎只与管壁碰撞。不服从牛顿黏性定律，壁面速度不为零
中间流	$0.0197\text{Pa}\cdot\text{m}<pD<0.658\text{Pa}\cdot\text{m}$	适用牛顿黏性定律，壁面有速度滑移
黏性流	$pD>0.658\text{Pa}\cdot\text{m}$	气体分子的平均自由程小于管径 D，气体分子会相互碰撞，因而影响气体流动。服从牛顿黏性定律，壁面无速度滑移

注：p—气体的压力，Pa；D—管径，m。

（2）流导

气体沿导管流动的能力称为流导，定义如下。

$$C = \frac{Q}{p_1 - p_2} \tag{25-62}$$

式中 C——流导，m^3/s；

Q——在管道两端压差为（p_1-p_2）时的气体流量，$(\text{Pa}\cdot\text{m}^3)/\text{s}$；

p_1，p_2——分别为真空容器和真空泵进口处的压力，Pa。

由于 Q 在管道中保持常数不变，即

$$Q = s_1 p_1 = s_2 p_2 \tag{25-63}$$

代入式（25-62）得

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2} \tag{25-64}$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

或
$$\frac{s_1}{s_2}=\frac{\dfrac{C}{s_2}}{1+\dfrac{C}{s_2}} \tag{25-65}$$

流导 C 与真空系统的配管有关，反映了管道流动阻力的大小，图 25-10 所示为流导与排气速度的关系，是根据式（25-65）作出的。

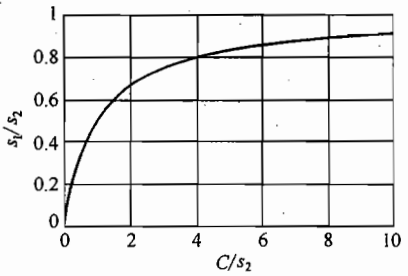


图 25-10　流导与排气速度的关系

由图 25-10 可以看出，当真空泵的排气速度 s_2 恒定，随着流导的不断增大，在 $C/s_2=0\sim0.8$ 区间时，真空容器的排气速度 s_1 表现出快速增加的特性，当 $C/s_2>0.8$ 后，s_1 的增加速度非常缓慢。所以在工程设计时，通常使 s_1/s_2 处于 0.6～0.8 区间内。串联管道的总流导等于各管段流导倒数和的倒数，即
$$\frac{1}{C}=\Sigma\frac{1}{C_i} \tag{25-66}$$

并联管道的总流导等于各管段流导之和，即
$$C=\Sigma C_i \tag{25-67}$$

(3) 流导的计算

对应不同的流型，有相应的流导计算公式，详见表 25-17。表 25-18 给出了常用的真空系统中管件和阀门的管道当量长度。

表 25-17　流导计算公式

流　型	适用范围	公　式	来　源
分子流	长圆管 $L/D>20$	$C=\frac{1}{6}\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}\times\frac{D^3}{L}$ (25-68)	Knudsen
	短圆管 $L/D<20$	$C=\frac{1}{6}\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}\times\frac{D^3}{L}\left(\frac{1}{1+1.33\frac{D}{L}}\right)$ (25-69)	Knudsen
中间流	长圆管 $L/D>20$	$C=\frac{\pi}{128}\times\frac{\bar{p}D^4}{\mu L}+\frac{1}{6}\sqrt{\frac{2\pi RT}{M}}\times\frac{D^3}{L}\times\frac{1+\sqrt{\frac{M}{RT}}\times\frac{\bar{p}D}{\mu}}{1+1.24\sqrt{\frac{M}{RT}}\times\frac{\bar{p}D}{\mu}}$ (25-70)	
黏性流	圆管	$C=\frac{\pi}{128}\times\frac{\bar{p}D^4}{\mu L}$ (25-71)	Poiseuille

注：C—流导，m^3/s；$\bar{p}$—管内气体平均压力，Pa；R—气体常数，8.314×10^3J/(kmol·K)；T—热力学温度，K；M—气体分子量，kg/kmol；L—管长，m；D—管道内径，m；μ—介质黏度，Pa·s。

表 25-18　真空系统中管件和阀门的管道当量长度（适用于湍流①）　/m

管　件　阀　门			公称直径，DN													
			20	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
90°弯头	法兰	钢	0.37	0.49	0.73	0.95	1.34	1.8	2.72	3.7	4.3	5.2	5.5	6.4	7.0	7.6
90°长弯头	法兰	钢	0.4	0.49	0.7	0.82	1.02	1.28	1.74	2.13	2.44	2.75	2.86	3.1	3.4	3.7
45°弯头	法兰	钢	0.18	0.25	0.4	0.52	0.79	1.07	1.71	2.35	2.75	3.4	4.0	4.6	4.9	5.5
直流三通	法兰	钢	0.25	0.31	0.46	0.55	0.67	0.85	1.16	1.44	1.58	1.83	1.95	2.2	2.32	2.5
支流三通	法兰	钢	0.79	1.0	1.58	2.0	2.86	3.7	5.5	7.3	9.3	10.2	11.3	13.2	14.4	15.8

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管件阀门			公称直径,DN													
			20	25	40	50	80	100	150	200	250	300	350	400	450	500
180°回转弯头	法兰	钢	0.37	0.49	0.73	0.95	1.34	1.8	2.72	3.7	4.3	5.2	5.5	6.4	7.0	7.6
	长径法兰	钢	0.4	0.49	0.7	0.82	1.02	1.28	1.74	2.1	2.44	2.75	2.86	3.1	3.4	3.7
截止阀	法兰	钢	12.2	13.7	18.0	21.3	28.6	37	58	79	94	119	—	—	—	—
闸板阀	法兰	钢	—	—	—	0.79	0.85	0.89	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
角阀	法兰	钢	4.6	5.2	5.5	6.4	8.5	11.6	19.2	27.5	37	43	49	58	64	73
止回阀	法兰	钢	1.62	2.2	3.7	5.2	8.2	11.6	19.2	27.5	37	43	—	—	—	—
	圆角	钢	0.04	0.06	0.1	0.13	0.2	0.29	0.49	0.7	0.89	1.07	1.22	1.44	1.62	1.86
	锐边	钢	0.4	0.55	0.95	1.32	2.04	2.9	4.9	7.0	8.9	10.7	12.2	14.4	16.2	18.6
	由容器流入管道内	钢	0.79	1.1	1.89	2.6	4.0	5.8	9.8	13.7	17.7	21.3	24.4	29	34	37
	突然扩大	$h=\frac{(v_1-v_2)^2}{2g}$米液柱 式中 v_1,v_2——介质在小、大管中流速,m/s														

① 湍流的定义：$W/D\geqslant 360$，W—气体流量，kg/h；D—管道内径，m。

例 9 真空系统设计计算

真空容器气相出料流量 $3m^3/s$，黏度 0.01cP，温度 80℃，管道全长 30m，管道起点压力 2000Pa.A，管道包含 5 个 90°标准弯头，1 个闸阀。管道为无缝钢管，求管径，真空泵进口压力和抽气速率。

解 (1) 管径 假设管径为 $DN150$，

$pD=2000\times 0.15=300Pa\cdot m>0.658Pa\cdot m$ 气体的流动状态属于黏性流。

假设 $s_1/s_2=0.8$，

$$Q=s_1p_1=s_2p_2\rightarrow\frac{s_1}{s_2}=\frac{p_2}{p_1}\rightarrow 0.8=\frac{p_2}{2000}\rightarrow p_2=1600Pa\ (A)$$

$$\bar{p}_2=\frac{2000+1600}{2}=1800Pa\ (A)$$

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{s_1}-\frac{1}{s_2}\rightarrow\frac{1}{C}=\frac{1}{3}-\frac{1}{3/0.8}\rightarrow C=15m^3/s$$

根据表 25-18，求得管件的当量长度见下表。

名称	当量长度	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	2.72	5	13.6
闸阀	0.98	1	0.98
小计 L_e			14.58

$$C_{实际}=\frac{\pi}{128}\times\frac{\bar{p}D^4}{\mu(L+L_e)}=\frac{\pi}{128}\times\frac{1800\times 0.15^4}{0.01\times 10^{-3}(30+14.58)}=50.2m^3/s$$

$C_{实际}>C$，$DN150$ 可行。

核算比小 $DN150$ 一级的 $DN100$ 是否适用。

$pD=2000\times 0.10=200Pa\cdot m>0.658Pa\cdot m$ 气体的流动状态属于黏性流。

根据表 25-18，求得管件的当量长度见下表。

名称	当量长度	数量	阻力系数×数量
90°标准弯头	1.80	5	9.00
闸阀	0.89	1	0.89
小计 L_e			9.89

$$C_{实际}=\frac{\pi}{128}\frac{\bar{p}D^4}{\mu(L+L_e)}=\frac{\pi}{128}\frac{1800\times 0.10^4}{0.01\times 10^{-3}(30+9.89)}=11.1m^3/s$$

$C_{实际}<C$，$DN100$ 不适用。

选择管径为 $DN150$。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 真空泵进口压力和抽气速率

$$\frac{1}{C_{实际}}=\frac{1}{s_1}-\frac{1}{s_2}\rightarrow\frac{1}{50.1}=\frac{1}{3}-\frac{1}{S_2}\rightarrow S_2=3.19\text{m}^3/\text{s}$$

$$\frac{p_2}{p_1}=\frac{s_1}{s_2}\rightarrow\frac{p_2}{2000}=\frac{3}{3.19}\rightarrow p_2=1881\text{Pa (A)}$$

真空泵进口压力 1881Pa (A) 和抽气速率 3.19m³/s。

1.6 管道流体力学计算的计算机应用

随着计算机科学的发展，大型工程公司、阀门和管件制造商以及过程模拟软件制作公司或是基于阀门和管件的长期制造经验、或是基于化工过程流程模拟的理论与实践经验，一直在致力于管道流体力学计算的应用软件的开发和升级工作。比较有代表性的软件有美国 CRANE 阀门和管件制造商制作的 CRANE 系列软件，美国 ASPEN 软件公司制作的 ASPEN PLUS 系列过程模拟软件等。这些软件能够计算单相流（不可压缩流体和可压缩流体），两相流（非闪蒸型和闪蒸型），真空流动等流体的管道压力降。另外，CRANE 系列软件还集成了各种型号和规格的阀门和管件的局部阻力系数的数据库以及各种型号机泵的性能曲线数据库，并且给上述两个数据库的扩充预留了数据接口。ASPEN PLUS 系列过程模拟软件则以其强大的物性数据库和与化工装置流程模拟的无缝连接把管道流体力学计算应用软件提升到了集准确性、简便性和集成性的高度。

2 设备和管道绝热设计

2.1 绝热的功能和应用范围

绝热是保温和保冷的统称。为了防止生产过程中设备和管道向周围环境散发或吸收热量，绝热工程已成为生产和建设过程中不可缺少的。我国已制订绝热工程的各种标准及规定，以便统一和应用。

2.1.1 绝热的功能

① 减少设备、管道及其附件的热（冷）量损失。

② 保证操作人员安全，改善劳动条件，防止烫伤和减少热量散发到操作区。

③ 控制长距离输送介质时的热量损失，以满足生产上所需要的温度。

④ 在冬季，采用保温来延缓或防止设备、管道内液体的冻结。

⑤ 当设备、管道内的介质温度低于周围空气露点温度时，采用绝热可防止设备、管道的表面结露。

⑥ 用耐火材料绝热可提高设备的防火等级。

⑦ 不但可减少工艺设备或炉窑的热量损失，还可以提高生产能力。

2.1.2 绝热的应用范围

具有下列情况之一的设备、管道，均应进行绝热。

① 设备、管道及其附件的表面温度高于 50℃者（除工艺上不需或不能保温的设备，管道以外）。

② 生产和输送过程中，由于介质的凝固点，结冰点或结晶点等要求采用伴热措施者。

③ 因日晒或外界温度影响会引起介质气化或蒸发，而影响生产和安全者。

④ 工艺生产中需要减少介质的温度降或延迟介质凝结的部位。

⑤ 为减少冷介质及载冷介质在生产和输送过程中温度升高者。

⑥ 为了防止或降低冷介质及载冷介质在生产和输送过程中温度升高者。

⑦ 为防止 0℃以上、常温以下的设备或管道外表面凝露者。

⑧ 与保冷设备或管道相连的仪表及其管道。

⑨ 制冷系统中的冷设备、冷管道及其附件。

⑩ 因外界温度影响而产生冷凝液使管道腐蚀者。

⑪ 工艺生产中不需保温的设备、管道及其附件，其外表面温度超过 60℃，又需经常操作维护者。在无法采用其他措施防止烫伤时，需进行防烫绝热。

防烫绝热设置范围为：距离地面或工作平台的高度小于 2.1m；靠近操作平台距离小于 0.75m。

⑫ 用绝热来提高耐火等级的情况，需符合石油化工企业设计防火规定 GB 50160（1999 修订本）的相关规定。

⑬ 具有下列情况之一的设备、管道和管件不应绝热。

a. 要求散热而不回收热量的设备和管道。

b. 处理或通过易燃、易爆、有毒等危险物料，要求及时发现泄漏的设备和管道上的人孔、手孔、阀门、法兰等。

c. 要求经常监测，防止发生损坏的部位。

d. 工艺上无特殊要求的放空、排凝管道。

2.2 绝热材料的性能和种类

2.2.1 基本性能和选用要求

绝热材料的基本性能要求应是：具有密度小、机械强度大、热导率小、化学性能稳定、对设备及管道没有腐蚀，以及能长期在工作温度下运行等性能。

设计采用的各种绝热材料，其性能必须符合现行国家、行业或省市级产品标准的规定，对新材料必须通过部、省、市级鉴定后方可采用。对绝热材料及其制品的基本性能要求，有以下具体规定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(1) 绝热层材料的性能要求

① 绝热层材料应具有明确的随温度变化的热导率方程式或图表。对于松散或可压缩的绝热材料，应提供在使用密度下的热导率方程式或图表。

② 保温材料在平均温度低于350℃时，热导率不得大于0.12W/(m·℃)，保冷材料在平均温度低于27℃时，热导率应不大于0.064W/(cm·℃)。

③ 保温硬质材料密度一般不得大于300kg/m³；软质材料及半硬质制品密度不得大于220kg/m³；保冷材料密度不得大于220kg/m³；对强度要求特殊的除外。

④ 耐振动硬质材料抗压强度不得小于0.4MPa；用于保冷的硬质材料抗压强度不得小于0.15MPa。如需要，尚需提供抗折强度。

⑤ 吸水率要小，保温材料的质量含水率不得大于7.5%，对于有防水要求的材料，防水率不得小于95%（原棉不作防水率要求）。软质保温材料的回弹率不得小于90%。保冷材料的质量含水率不得大于1%，用于直埋管道上的保温材料，含水率应小于3%。如需要，尚需提供防潮性能（吸湿性、吸水性、增水性）的数据。

⑥ 绝热层材料及其制品允许使用的最高或最低温度要高于或低于流体温度，绝热材料应具有安全使用温度的性能和燃烧性能（包括不燃性、难燃性和可燃性等）资料。

绝热层材料按被保温对象外表面温度的不同，其燃烧性能应符合GB 8624规定的如下要求。

a. 外表面温度 T_o＞100℃时，绝热层材料应符合不燃类A级材料性能要求。

b. 外表面温度 T_o≤100℃时，绝热层材料应符合难燃类B1级材料的性能要求。

c. 外表面温度 T_o≤50℃时，绝热层材料应符合一般可燃性B2级材料要求。

对于化工和石化企业，阻燃型保冷材料及其制品的氧指数不应小于30。

⑦ 化学稳定性能好，对被绝热的金属表面无腐蚀作用。与奥氏体不锈钢表面接触的保温材料应符合GBJ 126《工业设备及管道绝热工程施工验收规范》中第2.1.1条有关氯离子含量的规定。

⑧ 要有线胀系数和体积膨胀系数数据，施工设计时应根据材料的膨胀系数大小（正值或负值）决定是否留膨胀缝。

⑨ 价格低廉、施工方便，尽可能选用制品和半制品材料，如板、瓦及棉毡等材料。

(2) 防潮层材料的性能要求

① 抗蒸汽渗透性好，防水防潮力强，吸水率不大于1%。

② 防潮层材料的防火性能也应符合GBJ 126《工业设备及管道绝热工程施工验收规范》中第2.1.1(6)条规定。

③ 化学稳定性好，无毒或低毒耐腐蚀，并不得对绝热层和保护层材料产生腐蚀或溶解作用。

④ 防潮层材料在夏季不软化，不起泡，不流淌，低温使用中不脆化、不开裂、不脱落。

⑤ 涂抹型防潮材料软化温度不低于65℃，黏接强度不小于0.15MPa；挥发物不大于30%。

(3) 保护层材料的性能要求

① 保护层材料应具有一定的强度。在使用环境下不软化、不脆裂、外表整齐美观、抗老化、使用寿命长（至少应达到经济使用年限），重要工程或难检修部位保护层材料使用寿命应在10年以上。

② 保护层材料应有防水、防潮、抗大气腐蚀性能，且不燃或难燃（氧指数应大于或等于30%），化学稳定性好，对接触的防潮层或绝热层不产生腐蚀或溶解作用。

③ 储存或输送易燃、易爆物料的设备和管道，以及与其邻近的管道，其保护层必须采用不燃性材料。

④ 应无毒，无臭，外观美观，便于施工和检修。

(4) 黏结剂、密封剂和耐磨剂的主要性能要求

① 保冷用黏结剂能在使用的低温范围内保持良好的黏结性，黏结强度在常温时大于0.15MPa，软化温度大于65℃。泡沫玻璃用黏结剂在－190℃时的黏结强度应大于0.05MPa。

② 对金属壁不腐蚀，对保冷材料不熔解。

③ 固化时间短、密封性好，长期使用（至少在经济使用年限内）不开裂。

④ 有明确的使用温度范围和有关性能数据。

⑤ 泡沫玻璃用耐磨剂，在温度变化或机械振动情况下，能防止泡沫玻璃与金属外壁之间和保冷材料界面之间产生磨损。

2.2.2 常用绝热材料的性能（见表25-19）

2.3 绝热计算

本节编入的绝热设计计算公式，可供设计时选用。在绝热设计方面，我国已制订了许多规范和标准，如设备和管道绝热设计规范，设备和管道保温设计导则，设备及管道保冷技术通则等，设计计算时可结合选用。

2.3.1 保温计算数据的选取

保温设计和保温厚度的决定，受环境中各种因素的影响较大。因此，进行保温计算时，首先要按条件选取有关数据，本节介绍的计算方法可供参考。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-19　常用绝热材料性能

材料名称	使用密度 /(kg/m³)	极限使用温度 T /℃	最高使用温度 /℃	常温热导率(70℃时) λ_o/[W/(m·℃)]	热导率参考方程	抗压强度 /MPa	备　注
硅酸钙制品	170 220 240	Ta～650	550	0.055 0.062 0.064	$\lambda=\lambda_o+0.00011\times(T_m-70)$	0.4 0.5 0.5	
泡沫石棉	30 40 50	普通型 Ta～500 防水型 −50～500		0.046 0.053 0.059	$\lambda=\lambda_o+0.00014\times(T_m-70)$		压缩回弹率为：80%、50%、30%；室外只能用憎水型产品，回弹率 95%
岩棉、矿渣棉制品	原棉　≤150 毡 60～80 毡 100～120 板管 80 板管 100～120 板管 150～160 ≤200	约 650 约 400 约 600 约 400 约 600 约 600 约 600	600 400 400 350 350 350 350	≤0.044 ≤0.049 ≤0.049 ≤0.044 ≤0.046 ≤0.048 ≤0.044	$\lambda=\lambda_o+0.00018\times(T_m-70)$		
玻璃棉制品 $\phi\leq5\mu m$	60	约 400	300	0.042	$\lambda=\lambda_o+0.00023\times(T_m-70)$		
玻璃棉制品 $\leq8\mu m$	40 64～120	约 350 约 400	300 300	≤0.044 ≤0.042	$\lambda=\lambda_o+0.00017\times(T_m-70)$		
普通硅酸铝纤维制品	100～170	干法制品 约 400 湿法制品 约 850	400 850	0.046	$T_m\leq400$℃时 $\lambda_L=\lambda_o+0.00018\times(T_m-70)$ $T_m>400$℃时 $\lambda_H=\lambda_L+0.00036\times(T_m-400)$		式中 λ_L 取 $T_m=400$℃时计算结果
膨胀珍珠岩散料	<80 80～150 150～250	−200～850		<0.053 0.053～0.064 0.064～0.075			
憎水膨胀珍珠岩制品	220	−70～600		0.059 0.070	$\lambda=\lambda_o+0.00013\times(T_m-25)$	0.5	憎水度　90%
复合硅酸盐保温涂料	≤300	T_a 约 500		0.071	$T_m\leq300$℃时 $\lambda_L=\lambda_o+0.00019\times(T_m-70)$ 300℃<T_m≤400℃时 $\lambda_{H1}=\lambda_L+0.00030\times(T_m-300)$ 400℃<T_m≤500℃时 $\lambda_{H2}=\lambda_{H1}+0.0006\times(T_m-400)$		黏结强度不小于 0.075MPa；主要用于异形件表面，最好工件为热态时施工
硬质聚氨酯泡沫塑料	30～60	−180～100	−65～80	0.0275 (25℃时)	保温时 $\lambda=\lambda_o+0.00014\times(T_m-25)$ 保冷时 $\lambda=\lambda_o+0.00009T_m$		氧指数应不小于 30%；用于 −65℃以下的特级聚氨酯，性能应与产品厂商协商
聚苯乙烯泡沫塑料	>30	70～−65		0.041 (20℃时)	$\lambda=\lambda_o+0.000093\times(T_m-20)$		氧指数应不小于 30%
聚乙烯泡沫塑料	24	−100～80		0.029			
酚醛泡沫塑料	30～50	−100～150		0.035			氧指数应不小于 45%，阻燃性好；烟密度应不大于 10，毒性小

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

材料名称	使用密度/(kg/m³)	极限使用温度 T/℃	最高使用温度/℃	常温热导率(70℃时) λ_o/[W/(m·℃)]	热导率参考方程	抗压强度/MPa	备注
泡沫玻璃	150	−200～400		(35℃时) 0.062	−101℃时,λ=0.046 −46℃时,λ=0.052 10℃时,λ=0.058 24℃时,λ=0.060 93℃时,λ=0.073 204℃时,λ=0.099 $\lambda=\lambda_{35}+0.000192\times(T_m-35)$	0.5	
	180			0.064 (35℃时)	−101℃时,λ=0.050 −46℃时,λ=0.056 10℃时,λ=0.062 24℃时,λ=0.064 93℃时,λ=0.072 204℃时,λ=0.103 $\lambda=\lambda_{35}+0.000192\times(T_m-35)$	0.7	

注：1. 热导率参考方程中，(T_m−70)、(T_m−400) 等表示该方程的常数项：如 λ_o，λ_{H1} 等应代入 T_m 为 70℃，400℃时的数值。

2. 本表数据仅供参考，设计计算时必须以产品生产厂商提供的技术数据为准。

3. 设计采用的各种绝热材料，其物理化学性能及数据应符合各自的产品标准规定。

4. T_m——保温层平均温度，℃；T_a——周围环境的温度，℃。

(1) 保温层表面至周围空气之间的总给热系数 α_s

$$\alpha_s=\alpha_r+\alpha_k \tag{25-72}$$

式中 α_r——管道或保温层面的辐射传热系数，W/(m²·℃)；

α_k——对流传热系数，W/(m²·℃)。

$$\alpha_r=\frac{C_r}{T_s-T_a}\left[\left(\frac{T_s+273}{100}\right)^4-\left(\frac{T_a+273}{100}\right)^4\right] \tag{25-73}$$

式中 T_s——管道或保温层外表面温度，℃；

T_a——周围环境温度，℃；

C_r——辐射系数，见表 25-20，W/(m²·℃)。

表 25-20 辐射系数 C_r 值

/[W/(m²·℃)]

材料	表面状态	C_r	材料	表面状态	C_r
铝板	磨光	0.32	钢板	黑色光泽	3.95
铝漆		2.33	钢板	已氧化	4.65
油漆		5.23	黑漆	有光泽	5.00
薄铁皮		5.23	黑漆	无光泽	5.47

① 在密闭场合（如地沟）

$$\alpha_k=1.28\sqrt[4]{\frac{T_s-T_a}{D_1}} \tag{25-74}$$

式中 D_1——管道或保温层外径，m。

② 在室内无风情况下

$$\alpha_k=\frac{26.33}{\sqrt{297+T_m}}\times\sqrt[4]{\frac{T_r-T_a}{D_1}} \tag{25-75}$$

$$T_m=\frac{1}{2}(T_s+T_a) \tag{25-76}$$

式中 T_m——保温层的平均温度，℃。

③ 当风速小于 5m/s 时，可按下式求 α_r 值。

平壁

$$\alpha_r=(1.3\sim5.1)\frac{T_a}{100}\times\frac{w^{0.8}}{L^{0.2}} \tag{25-77}$$

式中 w——风速，应以当地气象资料为依据，m/s；

L——沿风速向的平壁长度，m。

圆筒

$$\alpha_r=3.95\frac{w^{0.6}}{D_1^{0.4}} \tag{25-78}$$

④ 为了便于计算，也可用图 25-11、图 25-12 查出的简便方法，决定总给热系数。T_a=0～150℃时，室内总给热系数可按式 (25-79)、式 (25-80) 近似计算。

管道

$$\alpha_s=8.1+0.045(T_s-T_a) \tag{25-79}$$

平壁

$$\alpha_s=8.4+0.06(T_s-T_a) \tag{25-80}$$

室内保温可认为 $w=0$，取 $\alpha_s=11.63$W/(m²·℃)。

对室外保温，必须考虑受风的影响，风速 w 大于 5m/s 时，室外总的给热系数 α_s' 为

$$\alpha_s'=(\alpha_s+6\sqrt{w})\times1.163\text{W/(m}^2\cdot\text{℃)} \tag{25-81}$$

对保冷可取 α_s=6～7，对保温取 α_s=11。

(2) 周围空气温度 T_a

① 室内一般采用 T_a=20℃左右。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

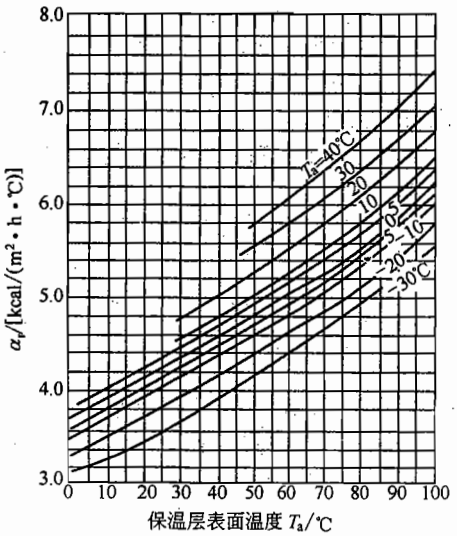


图 25-11　辐射传热系数 α_r

1kcal/(m²·h·℃)=1.163W/(m²·K)

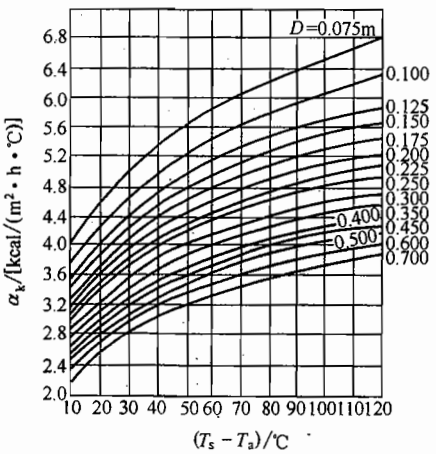


图 25-12　对流传热系数 α_k

1kcal/(m²·h·℃)=1.163W/(m²·K)

② 通行地沟，当介质温度为 80℃时取 T_a=20℃，当介质温度为 81～110℃时，取 T_a=30℃，当介质温度大于等于 110℃时，取 T_a=40℃。

③ 室外保温常年运行采用历年年平均温度；季节运行采用历年运行期日平均温度。

④ 保冷可采用历年最热月平均温度。

⑤ 防冻取冬季历年极端平均最低温度。

⑥ 防烫伤取年最热平均温度值。

(3) 相对湿度 ψ 和露点温度 T_d

保冷采用最热月相对湿度。露点温度 T_a 可根据选定的周围空气温度 T_a 及相对湿度 ψ（%）从附表 1 中查得。

(4) 室外风速 w

保温采用冬季风速，保冷采用夏季平均风速。

(5) 被绝热物体的外壁温度 T_o

绝热计算中，对外壁的传热一般忽略不计，因此，外壁温度可采用载热介质温度 T_f（℃）。

(6) 保温层表面温度 T_s

① 保温层表面温度的确定，关系到热损失和经济厚度。为简便计算，在室内情况下，可按式（25-82）求得保温层表面温度。为方便起见也可按表 25-21 选用。

$$T_s=32+0.028T_f \tag{25-82}$$

表 25-21　表面温度 T_s 选用　/℃

介质温度 T_f	100	150	200	250	300	350	400
表面温度 T_s	34.8	36.2	37.6	39.0	40.4	41.8	43.2
介质温度 T_f	450	500	540	555	600	650	
表面温度 T_s	44.6	46.0	47.1	47.5	48.8	50.2	

② 保冷层表面温度一般取历年最热月平均相对湿度下的露点平均值加 0.5～1.5℃，计算时应是不结露的允许冷损量的经济厚度。

2.3.2　圆形管道和设备的保温计算

(1) 几点说明

① 管道和设备的计算分界线为公称直径 DN=1000mm。$DN\leqslant$1000mm 的管道和设备，都视为按管道（即圆筒面）计算；$DN>$1000mm 的管道可视为按设备（即平壁面）计算。

② 计算原则　无特别工艺要求时，保温厚度应以“经济厚度”的方法计算厚度。当经济厚度偏小、以致放热损失超过最大允许热损失量标准时，应用最大允许热损失量下的厚度进行校核（最大允许热损失量见附表 5、附表 6）。而经济厚度太厚以致影响安装及管架费用剧增时，保温厚度可取此两者中间某一值。

③ 防止烫伤的保温层厚度，按表面温度法计算，保温层外表面不得超过 60℃。保冷厚度计算用保证不结露下的“允许热（冷）损失下”绝热厚度计算。

(2) 保温层厚度计算

① 经济厚度计算

保温层经济厚度是指设备、管道采用保温结构后，年热损失值与保温工程投资费的年分摊率价值之和为最小值时的保温厚度。

a. 外径 $D_o\leqslant$1m 的管道、圆筒形设备可按管道绝热层厚度计算经济厚度 δ，详见式（25-83）。保冷计算时，式（25-83）中的（T_o-T_a）改用为（T_a-T_o）。保冷经济厚度必须用防结露厚度校核。

$$\left.\begin{aligned} D_1\ln\frac{D_1}{D_o}&=3.795\times10^{-3}\sqrt{\frac{P_R\lambda t(T_o-T_a)}{P_T S}}-\frac{2\lambda}{\alpha_s}\\ \delta&=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\end{aligned}\right\} \tag{25-83}$$

式中　D_o——管道或设备外径，m；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

D_1——绝热层外径，m；

P_R——能价，元/10^6kJ，保温中，$P_R=P_H$，P_H称“热价”；保冷中，$P_R=P_C$，P_C称为“冷价”；

P_T——绝热结构单位造价，元/m^3；

λ——绝热材料在平均温度下的热导率，W/(m·℃)；

α_s——绝热层（最）外表面周围空气的放热系数，W/(m^2·℃)；

t——年运行时间，h（常年运行的按8000h计，其余按实际情况计算）；

T_o——管道或设备的外表面温度，金属设备和管道外表温度，在无衬里时，取介质的正常运行温度；保冷时取介质的最低操作温度；当要求用热介质吹扫管道时，取吹扫介质的最高温度，℃；

T_a——环境温度，室外保温，取T_a为历年的年平均值的平均值；室内保温，取T_a=20℃；地沟保温，外表温度为80℃时，取T_a=20℃，为81～110℃时，取T_a=30℃，大于110℃时，取T_a=40℃；

S——绝热投资年分摊率，$S=\dfrac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$，%；

i——年利率（复利率），%；

n——计息年数，年；

δ——绝热层厚度，m。

求出$D_1\ln\dfrac{D_1}{D_o}$值后，查表25-22可得经济厚度δ。

b. 设备绝热层经济厚度按式（25-84）计算

$$\delta=1.8975\times10^{-3}\sqrt{\frac{P_H\lambda t(T_o-T_a)}{P_T S}}-\frac{\lambda}{\alpha_s} \tag{25-84}$$

式中，各符号意义及有关说明和式（25-85）相同。

② 允许热（冷）损失下的保温厚度计算

a. 管道单层绝热层厚度

·按允许热（冷）损失量计算

$$\left.\begin{aligned} &D_1\ln\frac{D_1}{D_o}=2\lambda\left(\frac{T_o-T_a}{[Q]}\right)-\frac{1}{\alpha_s}\\ &\delta=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\text{（保温时）}\\ &\delta=\frac{\chi}{2}(D_1-D_o)\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\} \tag{25-85}$$

式中 χ——修正值，取χ=1.1～1.4；

$[Q]$——绝热层外表面单位面积的最大允许热（冷）损失量，W/m^2。

保温时按附表5取$[Q]$值；保冷时，最大允许冷损失量分不同情况，按下列两式分别计算$[Q]$。

当$T_a-T_d\leqslant4.5$时，$[Q]=-(T_a-T_d)\alpha_s$

当$T_a-T_d\geqslant4.5$时，$[Q]=-4.5\alpha_s$。

式中 T_d——当地气象条件下（最热月的）的露点温度，℃；

其余符号同前。

·按每米管道长度的允许热（冷）损失量计算厚度

$$\left.\begin{aligned} &\ln\frac{D_1}{D_o}=\frac{2\pi\lambda(T_o-T_a)}{[q]}-\frac{2\lambda}{D_1\alpha_s}\\ &\delta=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\text{（保温时）}\\ &\delta=\frac{1.1}{2}(D_1-D_o)\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\} \tag{25-86}$$

式中 $[q]$——每米管道长度的最大允许放热损失量，其值以工艺计算为准，保温时，$[q]$为“+”值，保冷时，$[q]$为“−”值，W/m；

其余符号同前。

手算时，可先设$\dfrac{2\lambda}{D_1\alpha_s}=0$，代入式（25-86）求出$D_1$的初始值。再将初始$D_1$代入式（25-86），用逐次逼近法计算1～2次，即可得D_1精确值。

b. 管道双层绝热层厚度计算

·按允许热（冷）损失量的规定值计算

绝热层总厚δ，外层绝热层外径D_2，双层绝热层总厚度δ计算中，应使外层绝热层外径D_2满足恒等式（25-87）的要求。

$$\left.\begin{aligned} &D_2\ln\frac{D_2}{D_o}=2\left[\frac{\lambda_1(T_o-T_1)+\lambda_2(T_1-T_2)}{[Q]}-\frac{\lambda_2}{\alpha_s}\right]\\ &\delta=\frac{1}{2}(D_2-D_o)\text{（保温时）}\\ &\delta=\frac{x}{2}(D_2-D_o)\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\} \tag{25-87}$$

内层厚度δ_1计算中，应使内层绝热层外径D_1满足恒等式（25-88）的要求。

$$\left.\begin{aligned} &\ln\frac{D_1}{D_o}=\frac{2\lambda_1}{D_2}\times\frac{T_o-T_1}{[Q]}\\ &\delta=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\text{（保温时）}\\ &\delta=\frac{x}{2}(D_1-D_o)\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\} \tag{25-88}$$

式中 T_1——内层绝热层外表面温度，要求$T_1<0.9[T_2]$，其正负号与$[T_2]$的符号一致；

$[T_2]$——外层绝热材料的允许使用温度，℃；

T_2——外层绝热层外表面温度，℃；

λ_1——内层绝热材料热导率，W/(m·℃)；

λ_2——外层绝热材料热导率，W/(m·℃)。

$[Q]$的取值与式（25-85）相同。

·按每米管道长度的允许热、冷损失量计算厚度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

双层总厚度 δ 计算中，应使外层绝热层外径 D_2 满足恒等式（25-89）的要求。

$$\left.\begin{aligned}\ln\frac{D_2}{D_o}&=\frac{2\pi[\lambda_1(T_o-T_1)+\lambda_2(T_1-T_2)]}{[q]}-\frac{2\lambda_2}{D_2\alpha_s}\\ \delta&=\frac{1}{2}(D_2-D_o)\qquad\text{（保温时）}\\ \delta&=\frac{x}{2}(D_2-D_o)\qquad\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\}\tag{25-89}$$

$[q]$ 的取值与式（25-86）相同。

内层厚度 δ_1 计算中，应使内层绝热层的外径 D_1 满足恒等式（25-90）的要求。

$$\left.\begin{aligned}\ln\frac{D_1}{D_o}&=2\pi\lambda_1\frac{T_o-T_1}{[q]}\\ \delta_2&=\frac{1}{2}(D_2-D_1)\text{（保温时）}\\ \delta_2&=\frac{x}{2}(D_2-D_1)\text{（保冷时）}\end{aligned}\right\}\tag{25-90}$$

$[q]$ 的取值同式（25-86）。

c. 平面型单层绝热层，在最大允许热（冷）损失下，绝热层厚度应按式（25-91）计算。

$$\delta=\lambda\left(\frac{T_o-T_a}{[Q]}-\frac{1}{\alpha_s}\right)\tag{25-91}$$

d. 平面型异材双层绝热层在最大允许热、冷损失下，绝热层厚度应按式（25-92）、式（25-93）计算。

· 内层厚度 δ_1 应按式（25-92）计算

$$\delta_1=\frac{\lambda_1(T_o-T_1)}{[Q]}\tag{25-92}$$

· 外层厚度 δ_2 应按式（25-93）计算。

$$\delta_2=\lambda_2\left(\frac{T_1-T_a}{[Q]}-\frac{1}{\alpha_s}\right)\tag{25-93}$$

$[Q]$ 的取值与式（25-85）相同。

③ 防结露，防烫伤厚度计算

a. 圆筒型设备防止单层绝热层外表面结露的绝热层厚度计算中，应使绝热层外径 D_1 满足恒等式（25-94）的要求。

$$\left.\begin{aligned}D_1\ln\frac{D_1}{D_o}&=\frac{2\lambda}{\alpha_s}\times\frac{T_d-T_o}{T_a-T_d}\\ \delta&=\frac{x}{2}(D_1-D_o)\end{aligned}\right\}\tag{25-94}$$

b. 圆筒形设备防止异材双层结露绝热层厚度计算中，应使绝热外径 D_2 满足如下恒等式的要求。

· 双绝热层总厚度 δ 的计算中，应使外层绝热层外径 D_2 满足恒等式（25-95）的要求。

$$D_2\ln\frac{D_2}{D_o}=\frac{2}{\alpha_s}\times\frac{\lambda_1(T_1-T_o)+\lambda_2(T_d-T_1)}{T_a-T_d}\tag{25-95}$$

· 内层厚度 δ_1 的计算中，应使内层绝热层外径 D_1 满足恒等式（25-96）的要求。

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=\frac{2\lambda_1}{D_2\alpha_s}\times\frac{T_1-T_o}{T_a-T_d}\tag{25-96}$$

· 外层厚度 δ_2 的计算中，应使内层绝热层外径 D_1 满足衡等式（25-97）的要求。

$$\ln\frac{D_2}{D_1}=\frac{2\lambda_2}{D_2\alpha_s}\times\frac{T_d-T_1}{T_a-T_d}\tag{25-97}$$

式中　T_d——当地气象条件下，最热月份的露点温度，T_d 的取值可由附表 1 查得，℃。

c. 平面型设备单层防结露保冷层厚度，应按式（25-98）计算。

$$\delta=\frac{K\lambda}{\alpha_s}\times\frac{T_d-T_o}{T_a-T_d}\tag{25-98}$$

d. 平面型设备异材双层防结露绝热层厚度，应按式（25-99）、式（25-100）计算。

· 内层厚度 δ_1 应按式（25-99）计算

$$\delta_1=\frac{K\lambda_1}{\alpha_s}\times\frac{T_1-T_o}{T_a-T_d}\tag{25-99}$$

· 外层厚度 δ_2，应按式（25-100）计算

$$\delta_2=\frac{K\lambda_2}{\alpha_s}\times\frac{T_d-T_1}{T_a-T_d}\tag{25-100}$$

式中，界面温度 T_1 取值为第 2 层保冷材料安全使用温度 $[T_2]$ 的 0.9 倍。

e. 圆筒形设备防止人身烫伤的绝热层厚度计算中，绝热层外径 D_1 应满足恒等式（25-101）的要求。

$$\left.\begin{aligned}D_1\ln\frac{D_1}{D_o}&=\frac{2\lambda}{\alpha_s}\times\frac{T_o-T_s}{T_s-T_a}\\ \delta&=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\end{aligned}\right\}\tag{25-101}$$

式中　T_s——绝热层外表面温度，取 $T_s=60$℃。

f. 平面型设备防烫伤绝热层厚度，按式（25-102）计算。

$$\delta=\frac{\lambda}{\alpha_s}\times\frac{T_o-T_s}{T_s-T_a}\tag{25-102}$$

式中，取 $T_s=60$℃。

④ 延迟管道内介质冻结的保温厚度计算

延迟管道内介质冻结、凝固、结晶的保温厚度计算中，应使绝热层外径 D_1 满足恒等式（25-103）的要求。

$$\left.\begin{aligned}\ln\frac{D_1}{D_o}&=\frac{7200K_r\pi\lambda\left(\dfrac{T_o+T_{fr}}{2}-T_a\right)t_{fr}}{(T_o-T_{fr})(V_\rho c+V_p\rho_p c_p)}-\frac{2\lambda}{D_1\alpha_s}\\ \delta&=\frac{1}{2}(D_1-D_o)\end{aligned}\right\}\tag{25-103}$$

式中　K_r——管件及管道支吊架附加热损失系数，$K_r=1.1\sim1.2$（大管取值应靠下限，反之应靠上限）；

T_{fr}——介质凝固点，℃；

T_a——环境温度，室外管道应取冬季极端平均最低温度，可向气象局索取资料或按本规范附表 8 规定取值，℃；

t_{fr}——介质在管道内不出现冻结的停留时间，h；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

α_s——冬季最多风向平均风速下的放热系数，按式（25-81）计算；

V，V_p——分别为介质体积和管壁体积，m^3；

ρ，ρ_p——分别为介质密度和管壁密度，kg/m^3；

c，c_p——分别为介质和管壁道材料的比热容，J/(kg·℃)；

其余符号同前。

⑤ 给定液体管道允许温度降时保温厚度计算

a. 对于无分支（无结点）液体管道，在给定允许温度降条件下的保温厚度计算中，应使绝热层外径 D_1 满足恒等式（25-104）的要求。

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=\frac{8\lambda L_{AB}K_r}{D^2\omega\rho C\ln\dfrac{T_A-T_a}{T_B-T_a}}\times\frac{2\lambda}{D_1\alpha_s} \tag{25-104}$$

式中 D——管道内径，m；

ω——介质流速，m/s；

T_A——介质在（上游）A 点处的温度，℃；

T_B——介质在（下游）B 点处的温度，℃；

L_{AB}——A、B 两点间管道实际长度，m；

T_a、α_s、K_r 的取值应符合式（25-103）规定。

b. 对于有分支（有结点）的液体管道，在干管管径及干管首末绝热层厚度相等情况下，应先按下式计算出干管各结点处的介质温度，然后再将各结点处的介质温度作为各分支管道介质起点 T_A，按式（25-104）计算各支管保温层外径。

干管各结点处温度应按式（25-105）计算。

$$T_C=T_{(C-1)}-(T_i-T_n)\frac{\dfrac{L_{(C-1)\to C}}{q_{m(C-1)\to C}}}{\sum_{i=2}^{n}\dfrac{L_{(i-1)\to i}}{q_{m(i-1)\to i}}} \tag{25-105}$$

$$q_{mi}=2827.4D_i^2\omega_i\rho \tag{25-106}$$

式中 T_C，$T_{(C-1)}$——分别为结点 C 与前一结点 $C-1$ 处的温度，℃；

T_i——管道起点的温度，℃；

T_n——管道终点的温度，℃；

$L_{(C-1)\to C}$——结点 C 与前一结点 $C-1$ 之间的管段长度，m；

$L_{(i-1)\to i}$——任意点 i 与前一结点 $i-1$ 之间的管段长度，m；

q_{mi}——任意点 i 处管内介质质量流量，q_{mi} 按式（25-106）计算，kg/h；

$q_{m(C-1)\to C}$——$C-1$ 与 C 两点之间管道介质质量流量，kg/h；

$q_{m(i-1)\to i}$——任意点 i 与前一结点 $i-1$ 之间介质质量流量，kg/h；

D_i——任意点 i 处的管道内径，m；

ω_i——任意点 i 处的管内介质流速，m/s；

ρ——介质密度，kg/m^3。

表 25-22 绝热层厚度 δ 速查表 /mm

$D_1\ln\frac{D_1}{D_o}$	D_o/mm											
	18	25	32	38	45	67	76	89	108	133	169	219
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	16	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23
0.1	27	29	31	32	33	35	36	37	39	40	41	43
0.2	40	50	53	55	57	60	64	68	68	71	73	77
0.3	63	68	72	75	78	82	88	91	94	99	102	108
0.4	79	85	90	93	97	103	109	113	118	124	128	137
0.5	94	101	107	111	115	122	130	135	141	147	153	164
0.6	108	116	123	128	133	140	150	155	162	170	177	189
0.7	122	131	138	144	150	158	169	175	183	192	199	214
0.8	135	145	153	160	168	176	187	194	203	212	221	237
0.9	148	159	168	175	182	192	205	212	222	233	242	260
1.0	161	173	183	190	197	208	222	230	241	262	263	283
1.1	174	186	197	204	212	224	239	248	259	272	283	304
1.2	180	199	210	219	227	239	256	265	277	291	303	325
1.3	198	212	224	233	241	255	272	182	295	309	322	346
1.4	210	225	237	248	258	270	289	298	312	327	341	367
1.5	222	238	251	260	270	284	304	315	329	346	359	387
1.6	234	250	264	274	284	299	319	331	346	363	378	407
1.7	245	262	277	287	298	314	334	347	362	380	396	426
1.8	257	275	289	300	311	328	350	362	379	397	414	446
1.9	268	287	302	313	325	342	365	378	396	414	431	464
2.0	279	299	314	326	338	358	379	393	411	431	449	480

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

$D_1\ln\frac{D_1}{D_o}$	D_o/mm												
	273	325	377	426	480	530	630	720	820	920	1020	2020	平壁
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
0.1	44	44	45	45	46	46	47	47	47	48	48	49	50
0.2	80	82	84	85	86	87	89	90	91	91	92	98	100
0.3	113	116	119	121	123	124	127	129	131	133	134	141	150
0.4	143	147	151	154	157	159	163	166	169	171	173	184	200
0.5	171	177	182	186	190	193	198	202	205	209	211	226	250
0.6	198	205	211	216	220	224	231	236	240	244	248	267	300
0.7	224	232	239	245	250	255	262	268	274	279	283	307	350
0.8	249	258	206	273	279	284	293	300	307	312	317	346	400
0.9	273	283	292	300	307	313	323	331	338	345	350	385	450
1.0	297	308	318	326	334	340	352	361	389	376	383	422	500
1.1	319	332	343	351	360	367	380	390	399	407	415	459	550
1.2	342	355	367	376	386	394	408	418	429	438	446	495	600
1.3	364	378	391	401	411	420	435	446	457	467	476	530	650
1.4	385	401	414	425	436	445	461	474	486	496	506	565	700
1.5	407	423	437	449	460	470	487	501	514	525	535	600	750
1.6	427	445	459	472	484	495	613	527	514	553	564	633	800
1.7	448	466	482	495	508	519	538	553	568	581	593	667	850
1.8	468	487	504	517	531	543	563	579	594	608	621	700	900
1.9	488	508	525	540	554	566	588	604	621	635	648	732	950
2.0	508	528	546	562	577	599	612	629	646	662	676	764	1000

注：D_o—裸管外径，mm；D_1—绝热层外径，mm；δ—绝热层厚度，mm。

(3) 热（冷）损失量计算

① 最大允许热损失量

应符合附表 5、附表 6 的要求。

② 最大允许冷损失量 $[Q]$ 计算

a. 当 $T_a-T_d\leqslant 4.5$ 时

$$[Q]=-(T_a-T_d)\alpha_s$$

b. 当 $T_a-T_d>4.5$ 时

$$[Q]=-4.5\alpha_s$$

式中　T_d——当地气象条件下（最热月份）的露点温度，℃。

c. 绝热层的热、冷损失量计算

· 圆筒形单层绝热结构的热、冷损失量计算

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{D_1}{2\lambda}\ln\frac{D_1}{D_o}+\frac{1}{\alpha_s}}\ \text{W/m}^2 \qquad (25\text{-}107)$$

两种不同热损失单位之间的数值，应采用下式换算。

$$q=\pi D_1 Q\ \text{W/m}$$

式中　Q——以每平方米绝热层外表面积表示的热损失量，Q 为负值时为冷损失量，W/m²；

q——以每米管道长度表示的热损失量。q 为负值时为冷损失量，W/m。

· 圆筒型异材双层绝热结构的热、冷损失量计算

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{D_2}{2\lambda_1}\ln\frac{D_1}{D_o}+\frac{D_2}{2\lambda_2}\ln\frac{D_2}{D_1}+\frac{1}{\alpha_s}}\ \text{W/m}^2 \qquad (25\text{-}108)$$

两种不同热损失单位之间的数值，应采用下式换算。

$$q=\pi D_2 Q\ \text{W/m}$$

· 平面型单层绝热结构的热、冷损失量计算

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{\delta}{\lambda_1}+\frac{1}{\alpha_s}}\ \text{W/m}^2 \qquad (25\text{-}109)$$

· 平面型双层绝热结构的热、冷损失量计算

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\frac{1}{\alpha_s}}\ \text{W/m}^2 \qquad (25\text{-}110)$$

式中符号意义和单位同前。

(4) 绝热层外表面温度计算

对 Q 以 W/m² 计的圆筒型、平面型单、双层绝热结构，其外表面温度应按式（25-111）计算。

$$T_s=\frac{Q}{\alpha_s}+T_a \qquad (25\text{-}111)$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

对 q 以 W/m 计的圆筒型单、双层绝热结构的外表面温度应按下式计算：

$$T_s=\frac{q}{\pi D_2 \alpha_s}+T_a \qquad (25\text{-}112)$$

式中 D_2——外层绝热层的外径，(m)。对单层绝热，$D_2=D_1$。

① 圆筒型异材双层绝热结构，层间界面处温度 T_1 应按式 (25-113) 校核。

$$T_1=\frac{\lambda_1 T_o \ln\frac{D_2}{D_1}+\lambda_2 T_s \ln\frac{D_1}{D_o}}{\lambda_1 \ln\frac{D_2}{D_1}+\lambda_2 \ln\frac{D_1}{D_o}} \qquad (25\text{-}113)$$

② 平面型双层异材绝热结构，层间界面处温度 T_1 应按式 (25-114) 校核。

$$T_1=\frac{\lambda_1 T_o \delta_2+\lambda_2 T_s \delta_1}{\lambda_1 \delta_2+\lambda_2 \delta_1} \qquad (25\text{-}114)$$

式中，T_s 用式 (25-111) 或式 (25-112) 求取。

对双层异材绝热结构内外层界面处的温度 T_1，应校核其外层绝热材料对温度的承受能力。当 T_1 超出外层绝热材料的安全使用温度 $[T_2]$ 的 0.9 倍，即 $T_1>0.9[T_2]$ 时，必须重新调整内外层厚度比。

(5) 绝热层伸缩量计算

① 管道或设备的线膨胀量或收缩量的计算

$$\Delta L_o=(a_L)_o L(T_o-T_a)\times 1000 \qquad (25\text{-}115)$$

式中 ΔL_o——管道或设备的线膨胀或收缩（为负值时）量，mm；

$(a_L)_o$——管道或设备的线胀系数，1/℃；

L——伸缩缝间距，m；

其余符号意义同前。

② 绝热材料的线膨胀量或收缩量的计算

单层绝热结构

$$\Delta L_1=(a_L)_o L\left(\frac{T_o-T_s}{2}-T_a\right)\times 1000 \qquad (25\text{-}116)$$

多层绝热结构

$$\Delta L_i=(a_L)_i L\left(\frac{T_{i-1}+T_i}{2}-T_a\right)\times 1000 \qquad (25\text{-}117)$$

式中 ΔL_1——绝热材料的线膨胀或收缩（为负值时）量，mm；

ΔL_i——第 i 层绝热材料的线膨胀或收缩量，mm；

$(a_L)_o$——绝热材料的线胀系数，1/℃；

$(a_L)_i$——第 i 层绝热材料的线胀系数，1/℃；

其余符号意义同前。

③ 绝热层伸缩缝的膨胀或收缩量的计算

$$\Delta L=\Delta L_o-\Delta L_1 \qquad (25\text{-}118)$$

$$\Delta L=\Delta L_{i-1}-\Delta L_i \qquad (25\text{-}119)$$

式中 ΔL——绝热层伸缩缝的扩展或压缩（为负值时）量，mm。

(6) 地下敷设管道的保温计算

地下管道有三种敷设方法，其保温计算方法要视敷设情况不同而有所区别。在通行地沟中敷设的管道，可按前述室内架空管道的保温计算方法计算；无管沟直埋敷设的管道以及在不通行地沟敷设的管道，保温计算方法如下。

① 无管沟直埋敷设的单根管道保温计算

a. 保温厚度计算　按式 (25-120) 算出 $\ln\frac{D_1}{D_o}$ 值后，即可按式 (25-121) 求得保温层厚度。

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=\frac{2\pi\lambda\lambda_{so}}{\lambda_{so}-\lambda}\left[\frac{T_f-t_{so}}{[q]}-\frac{\ln\frac{4h}{D_o}}{2\pi\lambda_{so}}\right] \qquad (25\text{-}120)$$

$$\delta=-\frac{D_o}{2}\left(\frac{D_1}{D_o}-1\right)\ \text{m} \qquad (25\text{-}121)$$

式中 $[q]$——允许热损失，W/m；

T_f——载热介质温度，℃；

h——管道埋设深度（由地表面至管中心），m；

t_{so}——管道敷设处的土壤温度，℃；

λ_{so}——土壤的热导率，干土壤，$\lambda_{so}=0.58$；不太湿的土壤，$\lambda_{so}=1.163$；较湿的土壤，$\lambda_{so}=1.74$；很湿的土壤，$\lambda_{so}=2.33$，W/(m·K)。

实际计算时，对于潮湿土壤，因易使保温材料受潮，故材料的热导率 λ 应乘以系数 1.5；对于较干土壤，输送介质不中断，且温度较高的情况下，保温材料的热导率可乘以系数 1.2（当确定保温层平均温度 T_m 时，保温层表面温度 $T_s=60\sim70$℃）。

b. 热损失计算

$$q=\frac{T_f-t_{so}}{R}=\frac{T_f-t_{so}}{R_1+R_o}=\frac{T_f-t_{so}}{\frac{1}{2\pi\lambda}\ln\frac{D_1}{D_o}+\frac{1}{2\pi\lambda_o}\ln\frac{4h}{D_1}} \qquad (25\text{-}122)$$

$$R=R_1+R_{so}$$

$$R_1=\frac{1}{2\pi\lambda}\ln\frac{D_1}{D_o}$$

$$R_{so}=\frac{1}{2\pi\lambda_{so}}\ln\frac{4h}{D_1}$$

式中 R——总热阻，(m·℃)/W；

R_1——保温层热阻，(m·℃)/W；

R_{so}——土壤热阻，(m·℃)/W。

② 无管沟敷设的多根管道保温计算

多根埋设管道的保温计算必须考虑到管道彼此间热损失的影响。计算时的已知数据除与单根管道相同外，还需知道管间中心距 (b)。现以两根埋深相同的管道为例说明计算方法。多根管及埋深不同时可以此类推。

a. 保温厚度计算

对第一根管道

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$\ln\frac{D_{1\,\mathrm{I}}}{D_{o\,\mathrm{I}}}=\frac{2\pi\lambda_{so}\lambda_{\mathrm{I}}}{\lambda_{so}-\lambda_{\mathrm{I}}}\left(\frac{T_{f\,\mathrm{I}}-t_{so}-q_{\mathrm{II}}R_o}{q_{\mathrm{I}}}-\frac{\ln\frac{4h}{D_{o\,\mathrm{I}}}}{2\pi\lambda_{so}}\right)\tag{25-123}$$

对第二根管道

$$\ln\frac{D_{1\,\mathrm{II}}}{D_{o\,\mathrm{II}}}=\frac{2\pi\lambda_{so}\lambda_{\mathrm{II}}}{\lambda_{so}-\lambda_{\mathrm{II}}}\left(\frac{T_{f\,\mathrm{II}}-t_{so}-q_{\mathrm{I}}R_o}{q_{\mathrm{II}}}-\frac{\ln\frac{4h}{D_{o\,\mathrm{II}}}}{2\pi\lambda_{so}}\right)\tag{25-124}$$

$$R_o=\frac{1}{2\pi\lambda_{so}}\ln\sqrt{1+\left(\frac{2h}{b}\right)^2}\tag{25-125}$$

式中 R_o——两根管道相互间影响的当量热阻；

b——两根管道的中心距离，m；

角标Ⅰ、Ⅱ表示第一、第二根管道，其他符号同前。

按式（25-123）、式（25-124）算出 $\ln\frac{D_{\mathrm{I}}}{D_{o\,\mathrm{I}}}$ 及 $\ln\frac{D_{1\,\mathrm{II}}}{D_{o\,\mathrm{II}}}$ 值后，即可由式（25-121）确定保温层厚度 δ_{I} 及 δ_{II}。

b. 热损失计算（以两根埋深相同的管道为例来说明）

第一根管道

$$q_{\mathrm{I}}=\frac{(T_{f\,\mathrm{I}}-t_{so})(R_{\mathrm{II}}+R_{so})-(t_{f\,\mathrm{II}}-t_{so})R_o}{(R_{\mathrm{I}}+R_{so})(R_{\mathrm{II}}+R_{so})-R^2}\tag{25-126}$$

第二根管道

$$q_{\mathrm{II}}=\frac{(T_{f\,\mathrm{I}}-t_{so})(R_{\mathrm{I}}+R_{so})-(T_{f\,\mathrm{I}}-t_{so})R_o}{(R_{\mathrm{I}}+R_{so})(R_{\mathrm{II}}+R_{so})-R_o^2}\tag{25-127}$$

式中 R_{I}——第一根管道热阻，$R_{\mathrm{I}}=\frac{(T_{\mathrm{II}}-t_{so})q_{\mathrm{II}}R_o}{q_{\mathrm{I}}}$，(m·℃)/W；

R_{II}——第二根管道热阻，$R_{\mathrm{II}}=\frac{(T_{\mathrm{III}}-t_{so})q_{\mathrm{I}}R_o}{q_{\mathrm{II}}}$，(m·℃)/W；

R_{so}，R_o 分别同式（25-122）、式（25-125）。

③ 不通行地沟中的单根管道保温计算

已知数据：允许热损失 [Q]，W/(m·h)；载热介质温度 T_f，℃；管道外径 D_o，m；管沟深度 h（由土壤表面至管沟水平对称轴心的距离），m；管沟的主要尺寸（横截面尺寸），m；土壤特性（包括：土壤种类、温度）；管沟埋设处的土壤温度 t_{so}，℃。

a. 保温层厚度计算

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=2\pi\lambda[R-(R_o+R_{aw}+R_{so})]$$

$$=2\pi\lambda\left[\frac{T_f-t_{so}}{q}-\left(\frac{1}{\alpha_1\pi D_1}+\frac{1}{\alpha_{aw}\pi D_{ag}}+\frac{1}{2\pi\lambda_{so}}\ln\frac{4h}{D_{ag}}\right)\right]\tag{25-128}$$

$$R=R_1+R_s+R_{aw}+R_{so}$$

$$R_s=\frac{1}{\alpha_1 D_1\pi}$$

$$R_{aw}=\frac{1}{\alpha_{aw}\pi D_{ag}}$$

式中 R——总热阻，(m·h·℃)/kcal；

R_s——保温层表面放热阻，按附表2取值(m·℃)/W；

R_{aw}——管沟内空气至管沟内壁的热阻，(m·℃)/W；

R_1、R_{so}——分别为保温层及土壤热阻，计算同式(25-122)，(m·℃)/W；

α_{aw}——管沟内空气至管沟壁的给热系数，取 $\alpha_{aw}=\alpha_1=9$，(m·℃)/W；

D_{ag}——管沟的当量直径，m。

$$D_{ag}=\frac{4F}{u}\tag{25-129}$$

式中 F——管沟截面积，m^2；

u——截面周边长，m。

实际计算时，管沟壁的热阻（R_{aw}）可略去不计。因为管沟壁材料的热导率（λ_{aw}）常与土壤的热导率（λ_{so}）相同，所以大多数情况下就采用土壤的热导率值。

计算求得 $\ln\frac{D_1}{D_o}$ 值后，即可由式（25-121）确定保温层厚度 δ_0。

保温材料在管沟中可能受潮，实际计算时，保温材料的热导率应乘以系数1.25。如土壤较干燥，输送介质温度高且不中断，保温材料热导率可乘以系数1.1。计算平均温度下的热导率 λ 值时，$t_{cp}=\frac{1}{2}(t_f+t_s)$ 可近似取为 t_s，约为60～70℃。

b. 热损失计算

$$q=\frac{T_f-t_{so}}{R_1+R_s+R_{aw}+R_{so}}\tag{25-130}$$

c. 管沟内空气温度 t_{aw} 计算

$$t_{aw}=t_{so}+K_q(R_{aw}+R_{so})\tag{25-131}$$

或

$$t_{aw}=t_{so}+\frac{K(T_f-t_{so})(R_{aw}+R_{so})}{R_1+R_s+R_{aw}+R_{so}}\tag{25-132}$$

式中，K 为支吊架的热损失校正系数。

④ 不通行地沟中敷设两根管道的保温计算（多根管道类推）

a. 管沟中空气温度 t_{aw} 计算

$$t_{aw}=t_{so}+K(q_{\mathrm{I}}+q_{\mathrm{II}})(R_{aw}+R_{so})\ ℃\tag{25-133}$$

q_{I}、q_{II} 为第一、第二根管道的允许热损失。

管沟中空气温度也可按式（25-134）计算。

$$t_{aw}=\frac{\frac{T_{f\,\mathrm{I}}}{R_{1\,\mathrm{I}}+R_{s\,\mathrm{I}}}+\frac{T_{f\,\mathrm{II}}}{R_{1\,\mathrm{II}}+R_{s\,\mathrm{II}}}+\frac{T_{so}}{K(R_{aw}+R_{so})}}{\frac{1}{R_{1\,\mathrm{I}}+R_{s\,\mathrm{I}}}+\frac{1}{R_{1\,\mathrm{II}}+R_{s\,\mathrm{II}}}+\frac{1}{K(R_{aw}+R_{so})}}\tag{25-134}$$

b. 保温层厚度计算

第一根管道

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$\ln\frac{D_{1\mathrm{I}}}{D_{o\mathrm{I}}}=2\pi\lambda_{\mathrm{I}}\left(\frac{T_{f\mathrm{I}}-t_{aw}}{q_{\mathrm{I}}}-R_{s\mathrm{I}}\right)$$

$$=2\pi\lambda\left(\frac{T_{f\mathrm{I}}-t_{aw}}{q_{\mathrm{I}}}-\frac{1}{\alpha_1\pi D_{1\mathrm{I}}}\right)\quad(25\text{-}135)$$

第二根管道

$$\ln\frac{D_{1\mathrm{II}}}{D_{o\mathrm{II}}}=2\pi\lambda_{\mathrm{II}}\left(\frac{T_{f\mathrm{II}}-t_{aw}}{q_{\mathrm{II}}}-R_{s\mathrm{II}}\right)$$

$$=2\pi\lambda_{\mathrm{II}}\left(\frac{T_{f\mathrm{II}}-t_{so}}{q_{\mathrm{II}}}-\frac{1}{\alpha_1\pi D_{1\mathrm{II}}}\right)\quad(25\text{-}136)$$

$R_{s\mathrm{I}}$、$R_{s\mathrm{II}}$可按附表2取值，由式（25-135）、式（25-136）算出$\ln\frac{D_{1\mathrm{I}}}{D_{o\mathrm{I}}}$及$\ln\frac{D_{1\mathrm{II}}}{D_{o\mathrm{II}}}$值后，可由式（25-121）确定保温层厚度。

c. 热损失计算　由式（25-137）、式（25-138）即可求得

第一根管道的热损失

$$q_{\mathrm{I}}=\frac{T_{f\mathrm{I}}-t_{aw}}{R_{1\mathrm{I}}+R_{s\mathrm{I}}}\ \mathrm{kcal/(m\cdot h)}\quad(25\text{-}137)$$

第二根管道的热损失

$$q_{\mathrm{II}}=\frac{T_{f\mathrm{II}}-t_{aw}}{R_{1\mathrm{II}}+R_{s\mathrm{II}}}\ \mathrm{kcal/(m\cdot h)}\quad(25\text{-}138)$$

无管沟敷设管道或在不通行管沟敷设管道的保温计算式（25-126）～式（25-138）仅适用于埋设较深的场合，即对无管沟敷设管道，$\frac{h}{D_o}>2.5$；不通行管沟敷设管道，$\frac{h}{D_{ag}}>2.5$。当埋设较浅时，即$\frac{h}{D_o}$或$\frac{h}{D_{ag}}<2.5$的情况下，式中R_{so}应按式（25-139）确定。

$$R_{so}=\frac{1}{2\pi\lambda_{so}}\ln\frac{2h_m+\sqrt{4h_m^2+D_{ag}^2}}{D_{ag}}\quad(25\text{-}139)$$

$$h_m=h+\frac{\lambda_{so}}{\alpha_{so}}\quad(25\text{-}140)$$

式中　h_m——埋没深度计算值，m；

h——管中心距地表面距离，m；

λ_{so}——土壤的热导率，取$\lambda_{so}=1\sim2$，W/(m·℃)；

α_{so}——由土壤表面至周围空气的给热系数，一般取20～30。

2.3.3 蒸汽伴管加热和保温计算

(1) 蒸汽伴管加热

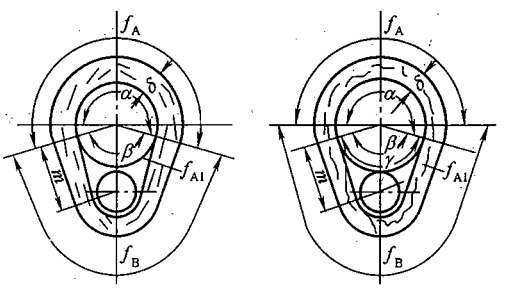
为了防止易凝结物质在管道输送过程中产生凝固或黏度增大，可采用蒸汽伴管加热，以维持被加热物料的原有温度。

蒸汽伴管常以0.3～1.0MPa的饱和蒸汽作为加热介质，伴管直径一般为15～76mm，但常用18～25mm。

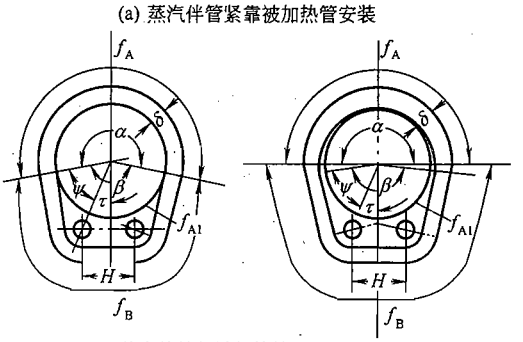
输送凝固点低于50℃的物料，可采用压力为0.3MPa的蒸汽伴管保温。

输送凝固点高于50℃的物料，可采用压力为0.3～1.0MPa的单根或多根伴管保温。输送凝固点等于或高于150℃的物料，应采用蒸汽夹套管加热。夹套管保温层厚度的计算，按夹套中蒸汽温度进行。

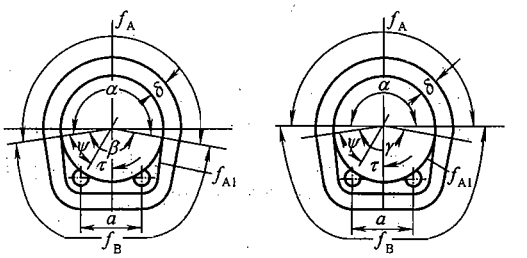
带蒸汽伴管的物料管道，常采面软质保温材料，将其一并包裹保温，如超细玻璃棉毡，矿渣棉席等。为提高加热效果，在伴管与物料管间应形成加热空间，使热空气易于产生对流传热。设计中采用铁丝网作骨架，使之构成加热空间。物料管的管壁与热空气接触面小于180°的称为“自然加热角”，等于180°的称为“半加热角”（见图25-13），管道的管壁完全被热空气包围的称为“全加热”。考虑安装方便、节约材料，通常采用前两种加热方法，当介质温度不高（50～80℃）时，可采用“自然加热角”方式保温。温度较高时，最好采用“半加热角”结构，必要时，采用“全加热”或夹套管加热保温。



(a) 蒸汽伴管紧靠被加热管安装



(b) 蒸汽伴管与被加热管位于同一切线上



自然加热角结构　　半加热角结构

(c) 蒸汽伴管紧靠被加热管安装

图25-13　自然加热角和半加热角结构

当输送物料为腐蚀性介质，或热敏性强、易分解的介质，不允许将伴热管紧贴于物料管管壁，应在伴管上焊一隔离板或在物料管和伴热管之间衬垫一绝

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

热片。

(2) 蒸汽伴管的保温计算

① 对于自然加热角结构

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=2\pi\lambda\left[\frac{\alpha(T_f-T_a)\times 1.25}{\beta\alpha_{A1}\pi D_o(t_{ca}-T_f)}-\frac{1}{\pi D_1\alpha_1}\right] \tag{25-141}$$

式中　α——管壁被保温层包裹的角度，(°)；

β——管壁与热空气接触部分的角度，(°)；

α_{A1}——保温结构内热空气至被加热管的给热系数；

t_{ca}——保温结构内热空气温度，℃；

1.25——支吊架热损失校正系数。

实际计算时，式 (25-141) 中 $\frac{1}{\pi D_1\alpha_1}$ 项可以略为不计。

② 对于半加热角结构，($\alpha=\beta=180°$)

$$\ln\frac{D_1}{D_o}=2\pi\lambda\left[\frac{(T_f-T_a)\times 1.25}{\alpha_{A1}\pi D_o(t_{ca}-T_f)}-\frac{1}{\pi D_1\alpha_1}\right] \tag{25-142}$$

令式 (25-141)、式 (25-142) 中的 $\frac{1}{\pi D_1\alpha_1}$ 等于 R_{so}，R_s 的近似值可查附表 2。

$$t_{cp}=\frac{f_{st}\alpha_{st}t_{st}+f_{A1}\alpha_{A1}t_f+1.25\left(\dfrac{f_B}{\dfrac{1}{\alpha_B}+\dfrac{\delta}{\lambda}+\dfrac{1}{\alpha_1}}\right)t_a}{f_{st}\alpha_{st}+f_{A1}\alpha_{A1}+1.25\left(\dfrac{f_B}{\dfrac{1}{\alpha_B}+\dfrac{1}{\lambda}+\dfrac{1}{\alpha_1}}\right)} \tag{25-143}$$

式中　f_{st}——每一直线米蒸汽伴管的表面积，m^2/m；

f_{A1}——每一直线米被加热管的受热表面积，m^2/m；

f_B——每一直线米被加热管保温层覆盖后的剩余保温面积，m^2/m；

α_{st}——蒸汽伴管至保温层内空气的给热系数，按表 25-23 选用，$W/(m^2\cdot℃)$；

α_B——保温层内空气至保温层的给热系数，取 $\alpha_B=121W/(m^2\cdot℃)$；

α_{A1}——保温层内空气至被加热管的给热系数，按表 25-24 选用，$W/(m^2\cdot℃)$；

t_{st}——伴管内蒸汽的温度，℃。

表 25-23　给热系数 α_{st} /[W/(m² · ℃)]

蒸汽温度 t_{st} /℃	伴管直径 d_{st}/mm			
	25	32	48	57
138	19.8	19.1	18.4	18.0
151	20.8	20.4	19.5	19.1
164	22.1	21.5	20.6	20.4

表 25-24　给热系数 α_{A1} 值

蒸汽温度 t_{st}/℃	138	151	164
给热系数 α_{A1} /[W/(m² · ℃)]	13.4	14.0	14.5

角度 α、β、γ、φ 及 τ 的计算公式见表 25-25，$\dot{m}$、f_{st}、f_{A1} 及 f_B 的计算公式见表 25-26，按式 (25-141) 或式 (25-142) 算出 $\ln\frac{D_1}{D_o}$ 值后，即可由式 (25-121) 确定 δ。

2.3.4　非圆形管道和设备的保温计算

非圆形管道和设备的保温计算，可按圆形管道和设备的保温计算公式计算，但须将非圆形管道与设备的定形尺寸按式 (25-144) 换算为圆形管道与设备的当量直径 D_e。

$$D_e=\frac{P}{\pi} \tag{25-144}$$

式中　D_e——当量直径，m；

P——横截面外周长，m；

π——圆周率，$\pi=3.14$。

2.3.5　绝热计算实例

例 10　设一架空蒸汽管道，管道 $D_0=108mm$，蒸汽温度 $T_o=200℃$，当地环境温度 $T_a=20℃$，室外风速 $w=3m/s$，能价为 $P_R=3.6$ 元/10^6kJ，投资计息年限数 $n=5$ 年，年利率 $i=10\%$ (复利率)，绝热材料总造价 $P_r=640$ 元/m^3；选用岩棉管壳作为保温材料。计算管道需要的保温厚度，热损失量以及表面温度。

解　① 求热导率

$$T_m=\frac{200+20}{2}=110$$

岩棉管壳的密度小于 200kg/m³，$\lambda=0.044+0.00018(T_m-70)=0.044+0.00018(110-70)=0.0512W/(m\cdot℃)$

② 求总的表面给热系数 α_s

取 $\alpha_0=7$，代入式 (25-81) 得

$$\alpha_s=(\alpha_0+6\sqrt{w})\times 1.163=(7+6\sqrt{3})\times 1.163=20.23$$

③ 保温工程投资偿还年分摊率 S 按下式计算。

$$S=\frac{i+(1+i)^n}{(1+i)^n-1}=\frac{0.1(1+0.1)^5}{(1+0.1)^5-1}=0.264$$

④ 由式 (25-83) 求保温厚度

$$D_1\ln\frac{D_1}{D_o}=3.795\times10^{-3}\times\sqrt{\frac{P_R\lambda t(T_o-T_a)}{P_rS}}-\frac{2\lambda}{\alpha_s}$$

$$=3.795\times10^3\sqrt{\frac{3.6\times0.0512\times8000(200-20)}{640\times0.264}}-\frac{2\times0.0512}{20.23}=0.1454$$

查表 25-22 得 $\delta=57mm$，取 60mm

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-25 角度 α、β、γ、φ 和 τ 的计算公式

伴管数	伴管的位置	加热角结构	β	α	γ	τ	φ
单伴管	伴管紧靠被加热管安装[见图 25-13(a)]	自然加热角	$\cos\frac{\beta}{2}=\frac{D_o-d_{st}-0.02}{D_o+d_{st}}$	$\alpha=360°-\beta$	$\gamma=\beta$	—	—
		半加热角	$\beta=180°$	$\alpha=180°$	$\cos\frac{\gamma}{2}=\frac{D_o-d_{st}}{D_o+d_{st}}$	—	—
双伴管	伴管与被加热管位于同一切线上[见图 25-13(b)]，伴管中心距 $H=\frac{D_o}{2}$，m	自然加热角	$\beta=2(\varphi-\tau)$	$\alpha=360°-\beta$	$\gamma=\beta$	$\tan\tau=\frac{D_o}{2(D_o+d_{st})}$	$\tan\varphi=\frac{\sqrt{D^2+16(D_o-0.01)(d_{st}+0.01)}}{2(D_o-d_{st}-0.02)}$
		半加热角	$\beta=180°$	$\alpha=180°$	$\gamma=2(\varphi+\tau)$	$\tan\tau=\frac{D_o}{2(D_o+d_{st})}$	$\tan\varphi=\frac{\sqrt{D_o^2+16D_od_{st}}}{2(D_o-d_{st})}$
	伴管紧靠被加热管安装[见图 25-13(c)]，伴管中心距 a，m	自然加热角	$\beta=2(\varphi+\tau)$	$\alpha=360°-\beta$	$\gamma=\beta$	$\sin\tau=\frac{a}{D_o+d_{st}}$	$\cos\varphi=\frac{D_o-d_{st}-0.02}{D_o+d_{st}}$
		半加热角	$\beta=180°$	$\alpha=180°$	$\gamma=2(\varphi+\tau)$	$\sin\tau=\frac{a}{D_o+d_{st}}$	$\cos\varphi=\frac{D_o-d_{st}}{D_o+d_{st}}$

注：d_{st}—伴热管外径，mm。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-26 m、f_{st}、f_{A1}和f_B的计算公式

伴管数	伴管的位置	加热角结构	m/(m²/m)	f_{st}/(m²/m)	f_{A1}/(m²/m)	f_B/(m²/m)
单伴管	伴管紧靠被加热管安装[见图 25-13(a)]	自然加热角	$\sqrt{(D_o-0.01)(d_{st}+0.01)}$	πd_{st}	$\frac{\beta}{360}\pi D_o$	$\frac{\beta}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+2m$
		半加热角	$\sqrt{D_o d_{st}}$	πd_{st}	$\frac{\pi D_o}{2}$	$\frac{\gamma}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+2m+\frac{180-\gamma}{360}\pi(D_o+2\delta+0.02)$
双伴管	伴管与被加热管位于同一切线上[见图 25-13(b)]，伴管中心距 $H=\frac{D_o}{2}$，m	自然加热角	$\frac{\sqrt{D_o^2+16(D_o-0.01)(d_{st}+0.01)}}{4}$	$2\pi d_{st}$	$\frac{\beta}{360}\pi D_o$	$\frac{\beta}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+\frac{D_o}{2}+2m$
		半加热角	$\frac{\sqrt{D_o^2+16D_o d_{st}}}{4}$	$2\pi d_{st}$	$\frac{\pi D_o}{2}$	$\frac{\gamma}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+\frac{D_o}{2}+2m+\frac{180-\gamma}{360}\pi(D_o+2\delta+0.02)$
	伴管紧靠被加热管安装[见图 25-13(c)]，伴管中心距 a，m	自然加热角	$\sqrt{(D_o-0.01)(d_{st}+0.01)}$	$2\pi d_{st}$	$\frac{\beta}{360}\pi D_o$	$\frac{\beta}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+\alpha+2m$
		半加热角	$\sqrt{D_o d_{st}}$	$2\pi d_{st}$	$\frac{\pi D_o}{2}$	$\frac{\gamma}{360}\pi(d_{st}+2\delta+0.02)+\alpha+2m+\frac{180-\gamma}{360}\pi(D_o+2\delta+0.02)$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 由式（25-107）计算管道热损失

$$D_1=108+60\times2=228\text{mm}$$

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{D_1}{2\lambda}\ln\frac{D_1}{D_o}+\frac{1}{\alpha_s}}$$

$$=\frac{200-20}{\frac{0.228}{2\times0.0512}\ln\frac{0.228}{0.108}+\frac{1}{20.23}}=105\text{W/m}<[q]$$

⑥ 由式（25-111）求保温层外表面温度

$$T_s=\frac{Q}{\alpha_s}+20=\frac{105}{20.23}+20=25.2℃$$

例 11 一容器内装热物料，$T_f=300℃$；当地环境温度 $T_a=22℃$，风速 3.5m/s；热价为 3.6 元/10^6kJ，投资计息年限 $n=6$，年利率 10%，保温材料采用水泥珍珠岩制品，保温工程总价为 400 元/m^3，常年生产使用，求需要的保温厚度，热损失及表面温度。

解 ① 求材料热导率

选用密度为 220kg/m^3 的增水珍珠岩制品

$$\lambda=\lambda_o+0.00013(T_m-25)$$

保温表面温度按表 25-18 选用，$T_s=40.4℃$

$$T_m=\frac{300+40.4}{2}=170.2$$

$$\lambda=0.07+0.00013(170.2-25)=0.089$$

② 求表面给热系数 α_s

取 $\alpha_o=7$，代入式（25-81）得

$$\alpha_s=(\alpha_o+6\sqrt{w})\times1.163=(7+6\sqrt{3.5})\times1.163=21.2$$

③ 计算保温工程投资偿还年分摊率 S

$$S=\frac{i+(1+i)^n}{(1+i)^n-1}=\frac{0.1(1+0.1)^5}{(1+0.1)^5-1}=\frac{0.1772}{0.772}=0.229$$

④ 由式（25-84）计算保温厚度，取 $t=8000\text{h}$

$$\delta=1.8975\times10^{-3}\sqrt{\frac{P_R\lambda t(T_o-T_a)}{P_t S}}-\frac{\lambda}{\alpha_s}$$

$$=1.8975\times10^{-3}\sqrt{\frac{3.6\times0.089\times8000(300-22)}{400\times0.229}}-\frac{0.089}{21.2}$$

$=0.163\text{m}$，取厚度 $\delta=70\text{mm}$

⑤ 由式（25-109）求热损失

$$Q=\frac{T_o-T_a}{\frac{\delta}{\lambda}+\frac{1}{\alpha_s}}=\frac{300-22}{\frac{0.17}{0.089}+\frac{1}{21.2}}=142.05℃<[q]$$

⑥ 由式（25-111）求保温层外表面温度

$$T_a=\frac{Q}{\alpha_s}+T_a=\frac{142.05}{21.2}+22=6.7+22=28.7℃$$

2.4 绝热结构设计

2.4.1 绝热结构的设计要求

绝热结构是保冷和保温结构的统称。正确的选择绝热结构，直接关系到绝热效果，投资费用，能量耗损，使用年限及外观整洁美观等问题。因此对绝热结构的设计有如下要求。

① 保证热损失不超过国家规定的允许最大热损失值（见附表 5、附表 6）；热损失取决于保温材料的热导率 λ，热导率越小，保温厚度就越薄（见附表 7）。

② 绝热结构应有足够的机械强度，能承受自重及外力的冲击，在受风力、雪载荷、空气温度波动及雨水的影响下不致脱落，以保证结构的完整性。

③ 要有良好的保护层，使外部的水蒸气、雨水以及潮湿泥土的水分不能进入绝热材料内，否则会使绝热材料的热导率增加，还会使其变软、腐烂、发霉，降低机械强度，破坏绝热结构的完整性，同时也增加了散热损失。

④ 绝热结构要简单，尽量减少材料的消耗量。

⑤ 绝热结构应符合使用寿命长，起码在经济使用年限内绝热结构应能保持完整，在使用过程中不得有冻坏、烧坏、粉化、刺落等现象。

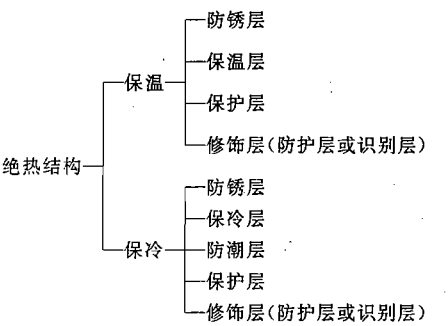
⑥ 绝热结构所需要材料应能就地取材，选用廉价的绝热材料以减少建设投资。

⑦ 绝热结构应考虑施工简单，如采用预制块材料，以减少施工时间和降低造价，并要便于检查和维修，损坏时易于补换。

⑧ 绝热结构外表应整齐美观，与周围布置协调，保证车间美观。

2.4.2 绝热结构的种类

化工、医药生产中所用的各类装置，其管道、容器、反应器、塔器、加热炉、泵和鼓风机等的绝热结构组成如下。



根据采用保温材料的性质、保温层的结构形式和安装方法不同，保温结构通常有下列几种。

(1) 胶泥涂抹结构

这种结构已较少采用，只有小型设备外形较复杂的构件或临时性保温才使用。这种结构的施工方法是将管道，设备壁清扫干净，焊上保温钩（钩的间距为 250～300mm），刷防腐漆后，再将已经拌好的保温胶泥分层进行涂抹。第一层可用较稀的胶泥散敷，厚度为 3～5mm，待完全干后再敷第二层，厚度为 10～15mm；第二层干后再敷第三层，厚度为 20～25mm，以后分层涂抹，直到达到设计要求厚度为止。然后外包镀锌铁丝网一层，用镀锌铁丝绑在保温钩上；如果保温厚度为 100mm 以上或形状特殊、保温材料容易

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

脱落的，可用二层铁丝网，外面再抹15～20mm保护层，保护层应光滑无裂缝。

(2) 填充结构

一般采用圆钢或扁钢做支承环，将环套上或焊在管道或设备外壁，在支承环外包镀锌铁丝网或镀锌铁皮，在中间填充疏松散状的保温材料。这种结构常用于表面不规则的管道、阀门、设备的保温。由于施工时难于做到保证质量，因此填充时要注意填充材料应达到设计要求的容重，若填充不均匀会影响保温效果。这种结构由于使用散料填充，粉尘容易飞扬、影响工人的健康。现除局部异形部件保温及制冷装置采用外，也已很少采用。填充材料有矿渣棉、玻璃棉、超细玻璃棉及珍珠岩散料等。

(3) 包扎结构

是利用毡、席、绳或带类的半成品保温材料，在现场剪成所需要的尺寸，然后包扎于管道或设备上，包扎一层材料达不到设计厚度时，可以包二层或三层。包扎时要求接缝严密，厚薄均匀，保温层外面用玻璃布缠绕扎紧。包扎结构材料有：矿渣棉毡或席、玻璃棉毡、超细玻璃棉毡和石棉布等。

(4) 复合结构

适用于较高温度（如650℃以上）的设备和管道的保温。施工时将耐热度高的材料作为里层，耐热度低的材料作为外层，组成双层或多层复合结构，既满足保温要求，又可以减轻保温层的重量。如温度高于450℃的管道，以膨胀珍珠岩作为第一层保温后，可使第一保温层外表面的温度降低到250℃左右，再用超细玻璃棉毡作为第二层保温层，这种结构对高温设备及管道特别适用。

(5) 浇灌式结构

是将发泡材料在现场浇灌入被保温的管道、设备的模壳中，发泡成保温层结构。这种结构过去常用于地沟内的管道，即在现场浇灌泡沫混凝土保温层。近年来随着泡沫塑料工业的发展，对管道、阀门、管件、法兰及其他异形部件的保冷，常用聚氨酯泡沫塑料原料在现场发泡，以形成良好的保冷层。

(6) 喷涂结构

喷涂为近年来发展起来的一种新的施工方法，化工厂制冷装置的保冷是将聚氨酯泡沫塑料原料在现场喷涂于管道、设备外壁，使其瞬时发泡，形成闭孔泡沫塑料保冷层。这种结构施工方便，但要注意生产安全。

(7) 预制块结构

是将保温材料预制成硬质或半硬质的成型制品，如管壳、板、块、砖及特殊成型材料，施工时将成型预制块用钩钉或铁丝捆扎在管道或设备壁上构成保温层。如果设计厚度大于100mm时，可以分两层或多层捆扎。预制块的安装，上块与下块的接缝，内层接缝与外层的接缝要错开，每块预制块至少要有两处用镀锌铁丝捆扎，每处铁丝至少要绕2圈。对热保温的预制块接缝间隙应不大于5mm；对保冷预制块的接缝间隙应不大于2mm，凡是保温层之间的缝隙（包括伸缩缝）必须要填密；对伸缩缝要采用柔质保温材料的散料进行填充，对保冷结构在填缝后，在缝隙上必须再用密封材料填密，保冷层的结构端部也应密封，密封剂的涂敷长度，从末端起至少再延长50mm长，涂敷厚度约为1.5～3mm；多层保冷时，接头密封仅在外层。

对聚苯乙烯泡沫塑料的黏结剂采用206胶（白胶水）或用醋酸丁酯，对聚氨酯泡沫塑料及泡沫玻璃采用铁锚牌104超低温发泡型黏结剂黏合。

立式和倾角超过45°、长度超过6m的管道和设备，应按保温材料的容重设置不同数量的支承环。对容重大于200kg/m³时，每隔3～5m设一道；容重小于200kg/m³时，每隔6～8m设计一道，支承环的宽度为保温层厚度的½～¾。

管道的弯头部分，采用珍珠岩、蛭石等硬质材料时，采用成型预制块，可将预制的管壳切割成虾米弯进行小块拼装，并在保温层外面用六角铁丝网包扎。

对公称直径大于800mm的椭圆形设备封头，其保温层要制作成放射状，使弯曲部分能够贴紧，并用浮动环上伸出的放射状镀锌铁丝或钢带将保温层加以固定。

2.4.3 绝热结构设计的规定和要求

(1) 防锈层设计

对碳钢、铸铁、铁素体合金钢管道和设备，在清除其表面铁锈、油脂及污垢后，保温时应涂1～2道防锈底漆，保冷时应涂两道冷底子油。在使用非腐蚀性绝热材料和大气中不含腐蚀性气体的环境下，常年运行介质温度T_0＞120℃时，可不涂防锈底漆（施工裸露期超过一年者例外）。

不锈钢、镀锌钢管、有色金属及非金属材料表面，不涂防锈漆。

(2) 绝热层设计

绝热层厚度一般按10mm为单位进行分档。硬质绝热材料制品最小厚度为30mm，硬质泡沫塑料最小厚度可为20mm。

① 绝热层分层规定 除浇注型和填充型外，绝热层应按下列规定分层。

a. 绝热层总厚度δ＞80mm时，应分层敷设（硬质保温材料暂可存留δ＞100mm的分层规定），当内外层采用同种绝热材料时，内外层厚度宜大致相等。

b. 当内外层为不同绝热材料时，内外层厚度的比例应保证内外层界面处温度不超过外层材料安全使用温度的0.9倍（以℃计算）。

c. 需要蒸汽吹扫的保冷设备和管道的保冷层，其材料应在高温区及低温区内均能安全使用；在不

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

能承受吹扫介质温度时，应在内层增设保温层，保温层与保冷层的界面温度应低于保冷材料的最高使用温度，在经济合理前提下，超高温和深冷介质管道及设备的绝热，可选用异材复合结构或异材复合制品。

d. 采用同层错缝，内外层压缝方式敷设。内外层接缝应错开 100～150mm；水平安装的管道和设备，最外层的纵缝拼缝位置应尽量远离垂直中心线上方，纵向单缝的缝口朝下。

e. 保冷管道和设备的支座等凸出物，应按上述分层规定进行保冷，其保冷层长度为保冷层厚度的 4 倍或至垫座底部。

② 绝热结构支承件　对立式设备，管道和平壁面以及立卧式设备的底面上的绝热结构，应设支承件。支承件应符合下列规定。

a. 支承件的支承面宽度应控制在小于绝热层厚度 10～20mm 以内。

b. 支承件的间距　立式设备和管道（包括水平夹角大于 45°的管道）支承件的间距，保温时，平壁为 1.5～2m；保温圆筒，在高温介质时为 2～3m，在中低温介质时为 3～5m；保冷时，均不得大于 5m。卧式设备应在水平中心线处设支承架，承受背部及兜挂腹部的绝热层。

c. 立式圆筒绝热层可用环形钢板、管卡顶焊半环钢板、角铁顶焊钢筋等做成的支承件支承。

d. 底部绝热层支承　底部封头可用封头与圆柱体相切处附近设置的固定环或设备裙座周边线处焊上的螺母来支承绝热层；对有振动或大直径底部封头，可用在封头底部点阵式布置螺母或带环、销钉来兜贴绝热层。

e. 保冷层支承件应选冷桥断面小的结构形式。若管卡式支承环的螺孔端头伸出绝热层外，应把外露处的保冷层加厚，封住外露端头。

f. 支承件的位置应避开法兰、配件或阀门，对立管和设备支承件应设在阀门、法兰等的上方，其位置应不影响螺栓的拆卸。

g. 不锈钢及有色金属设备、管道上的支承件，应采用抱箍型结构。

h. 设备上的焊接型支承件，应在设备制造厂预焊好。

③ 绝热层用的钩钉和销钉设置　保温层用钩钉、销钉，用 ϕ3～6mm 的低碳圆钢制作（软质材料用下限）。硬质材料保温钉的间距为 300～600mm，保温钉宜根据制品几何尺寸设在缝中，作攀系绝热层的柱桩用。软质材料保温钉的间距不得大于 350mm。每平方米面积上钉的个数：侧面不少于 6 个，底部不少于 8 个。

保冷层不宜使用钩钉结构。对有振动的情况，钩钉应适当加密。

④ 捆扎件结构

a. 保温层捆扎　保温结构中一般采用镀锌铁丝、镀锌钢带作保温结构的捆扎材料。$DN \leqslant 100$mm 的管道，宜用 ϕ0.8mm 双股镀锌铁丝捆扎；100mm $< DN \leqslant$ 600mm 的管道，宜用 ϕ1～1.2mm 双股镀锌铁丝捆扎，600mm $< DN \leqslant$ 1000mm 的管道，宜用 12mm×0.5mm 镀锌钢带或 ϕ1.6～2.5mm 镀锌铁丝捆扎；$DN >$ 1000mm 的管道和设备，宜用 20mm×0.5mm 镀锌钢带捆扎。

捆扎间距为 200～400mm（软质材料靠下限），每块绝热材料至少要捆扎两道。

设备和管道双层、多层保温时应逐层捆扎，内层均宜采用镀锌铁丝捆扎。大管道外层宜用镀锌钢带捆扎，设备用双层和多层保温时，内外均宜采用镀锌钢带捆扎。

b. 保冷层捆扎　保冷结构中最外层捆扎方法、材料与保温结构的捆扎方法相同。双层或多层保冷时，其内层应逐层捆扎，捆扎材料采用不锈钢。

c. 设备封头的各层捆扎　采用活动环和固定环，呈辐射型进行固定。

d. 设备和管道绝热层的捆扎　均严禁用螺旋缠绕法捆扎。对于有振动的设备和管道，绝热层捆扎时应适当加强。

⑤ 伸缩缝设置

a. 绝热层为硬质制品时，按绝热材料膨胀量正、负值来决定是否应留设伸缩缝。一般硅酸钙、珍珠岩在受热后收缩，可用软质绝热材料将缝隙填平。材料的性能应满足（保冷用憎水型）介质温度要求。

b. 伸缩缝宽度为 20～25mm。伸缩缝间距：直管或设备直段长每隔 3.5～5m 应设一伸缩缝（中低温靠上限，高温和深冷靠下限）。

c. 伸缩缝宜留设在下列位置：立管、立式设备的支承件（环）下或法兰下；水平管道、卧式设备的法兰，加强筋板和固定环处或距封头 100～150mm 处；管束分支部位；弯头两端，高温管道弯头上需增设一个；采用浇注、喷涂、涂抹法的绝热层，伸缩缝数量宜适当增加；多层绝热层伸缩缝的留设，应符合下列规定：保冷层或高温保温层各层伸缩缝必须错开，错缝间距不宜大于 100mm，且在外层伸缩缝外进行再保冷或再保温。

(3) 防潮层设计

① 保冷设备与管道的保冷层表面，埋地设备或管道的保温表面，以及地沟内敷设的保温管道，其保温层外表面应设防潮层。

② 防潮层的材料应符合选材规定，防潮层在环境变化与振动情况下应能保持其结构的完整性和密封性。

③ 防潮层外不得再设置铁丝钢带等硬质捆扎件，以免刺破防潮层。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(4) 保护层设计

绝热结构外层，必须设置保护层。保护层的设计必须切实起到保护绝热层作用，以阻挡环境和外力对绝热材料的影响，延长绝热结构的寿命。保护层应使绝热结构外表整齐、美观。

保护层结构应严密和牢固，在环境变化和振动情况下不渗雨（室内例外）、不裂纹、不散缝、不坠落。

① 保护层选择　一般宜选用金属外壳保护层，腐蚀性严重的环境下宜采用非金属保护层。

② 保护层厚度选择（见表 25-27）

表 25-27　不同使用场合的保护层厚度/mm

材料类型	设备和平壁	管道	$DN\leqslant100$mm 管道	可拆卸结构
镀锌薄钢板	0.5～0.7	0.35～0.5	0.3～0.35	0.5～0.6
铝合金薄板	0.8～1.0	0.5～0.8	0.4～0.5	0.6～0.8
铝箔玻璃钢薄板	0.5～0.8	0.5	0.3	

注：需增加刚度的保护层可采用瓦楞板形式

③ 金属保护层接缝形式　可根据具体情况选用搭接、插接或咬接形式。

a. 硬质绝热制品金属保护层纵缝，在不损坏里面制品及防潮层前提下可进行咬接。半硬质和软质绝热制品的金属保护层的纵缝可用插接或搭接。插接缝可用自攻螺钉或抽芯铆钉连接，而搭接缝只能用抽芯铆钉连接。钉的间距 200mm。

b. 金属保护层的环缝，可采用搭接或插接（重叠宽度 30～50mm）。搭接或插接的环缝上，水平管道一般不应使用螺钉或铆钉固定（立式保护层有防坠落要求者除外）。

c. 保冷结构的金属保护层接缝宜用咬合或钢带捆扎结构。金属保护层应有整体防（雨）水功能。对水易渗进绝热层的部位应用玛琋脂或胶泥严缝。

④ 铝箔玻璃钢薄板保护层

a. 铝箔玻璃钢薄板保护层尽量用于少分支的直管、设备筒体部位。对封头、弯头等部位可用现贴玻璃钢或金属薄板作保护层。

b. 缝隙搭接宽度不小于 50mm，搭接应顺水压盖，伸缩缝处搭接宽不小于 100mm。

c. 铝箔玻璃钢保护层的纵缝，不得使用自攻螺钉固定。可同时用带垫片抽心铆钉（间距小于或等于 150mm）和玻璃钢打包带捆扎（间距小于或等于 500mm，且每块板上至少捆二道）进行固定。保冷结构的保护层，不得使用铆钉进行固定。

2.4.4　绝热层结构施工图例

目前国内常用的管道和设备的保温层施工结构如下。

① 室内外架空管道保温结构（见图 25-14～图 25-19）。

② 地沟内管道的常用保温结构（见图 25-14、图 25-15）。

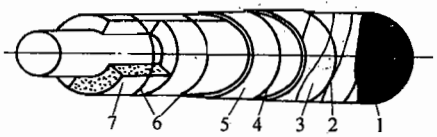


图 25-14　油毡玻璃布保护层结构

1—色漆二道；2—镀锌铁丝或钢带；3—玻璃布；4—镀锌铁丝或钢带；5—油毡（室内不用油毡）；6—镀锌铁丝；7—保温瓦（或棉毡）

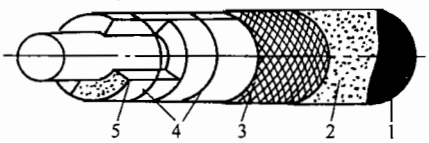


图 25-15　石棉水泥保护层结构（室内用）

1—油漆二遍；2—石棉水泥；3—六角镀锌铁丝网；4—镀锌铁丝；5—保温瓦

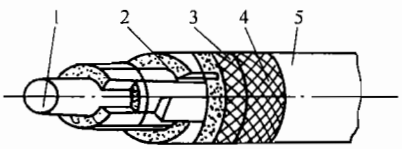


图 25-16　绑扎法分层保温结构

1—管道；2—保温毡或布；3—镀锌铁丝；4—镀锌铁丝网；5—保护层

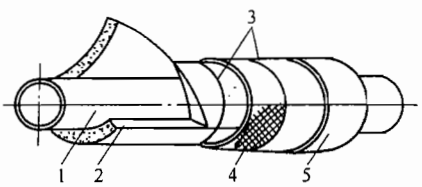


图 25-17　包扎结构

1—管道；2—保温毡或布；3—镀锌铁丝；4—镀锌铁丝网；5—保护层

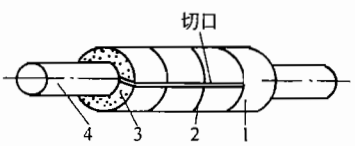


图 25-18　管壳式保温结构

1—金属护壳；2—镀锌铁丝；3—保温层管壳；4—管道

③ 管道弯头及立管的保温结构（见图 25-20～图 25-27）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

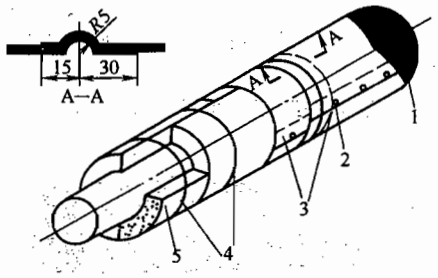


图 25-19 铁皮保护层结构

1—色漆二遍；2—自攻螺钉 4×10；3—0.3～0.5mm 铁皮；4—镀锌铁丝；5—保温瓦

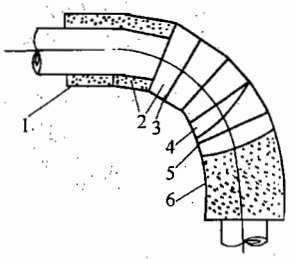


图 25-20 玻璃布保护层结构

1—保温瓦；2—梯形保温块；3—镀锌铁丝；4—玻璃布；5—镀锌铁丝或钢带；6—油漆或冷底子油

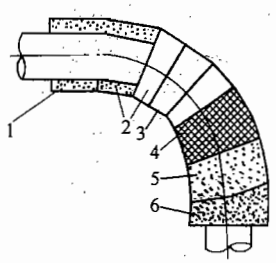


图 25-21 石棉水泥保护层结构

1—保温瓦；2—梯形保温瓦；3—镀锌铁丝；4—六角镀锌铁丝网；5—石棉水泥；6—色漆或冷底子油

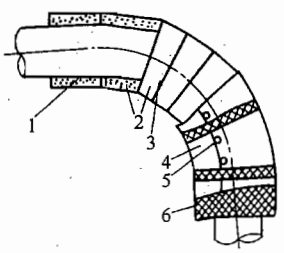


图 25-22 铁皮保护层结构

1—保温瓦；2—梯形保温块；3—镀锌铁丝；4—镀锌铁皮；5—自攻螺钉 4×10；6—油漆二遍

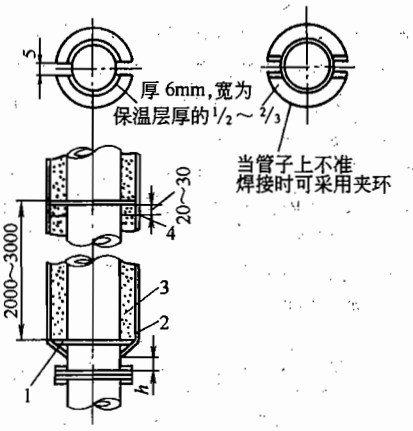


图 25-23 立管保温结构

1—托环（厚度为 6mm，宽为保温厚度的½～⅔，当管子上不可焊接时可采用夹环）；2—保护层；3—保温层；4—填充石棉绳或其他软质材料

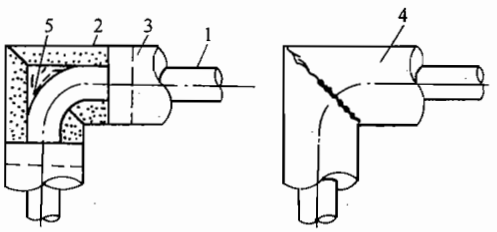


图 25-24 小直径管道弯管保温结构

1—管道；2—预制管壳；3—镀锌铁丝；4—铁皮壳；5—填料保温材料

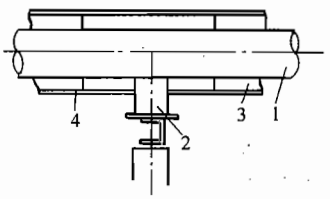
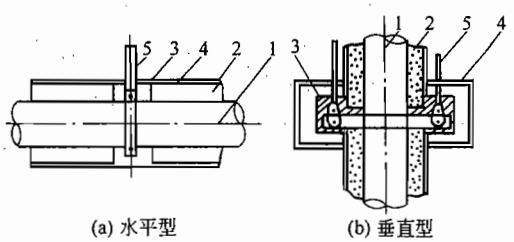


图 25-25 活动支架保温

1—管道；2—管托；3—保温层；4—保护层



(a) 水平型 (b) 垂直型

图 25-26 吊架保温

1—管道；2—保温层；3—吊架处填充散状保温材料；4—保护层；5—吊架

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

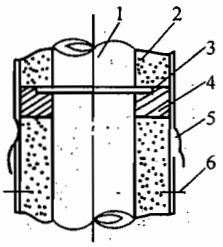


图 25-27　支承板处的保温做法
1—管道；2—保温层；3—支承板；4—填充保温材料；5—镀锌铁皮保护层；6—自攻螺钉

④ 伴热管结构（见图 25-28、图 25-29）。

⑤ 法兰、阀门保温结构（见图 25-30～图 25-33）。

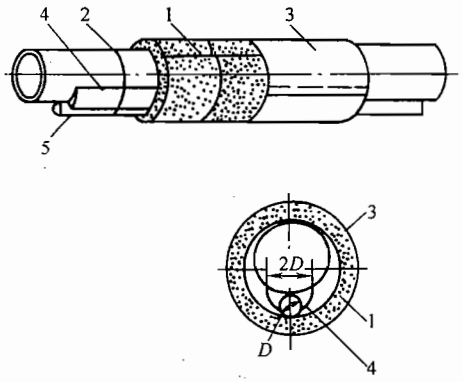


图 25-28　伴热管的保温（一）
1—保温瓦块；2—镀锌铁丝；3—镀锌铁皮；4—传热胶泥；5—伴热管

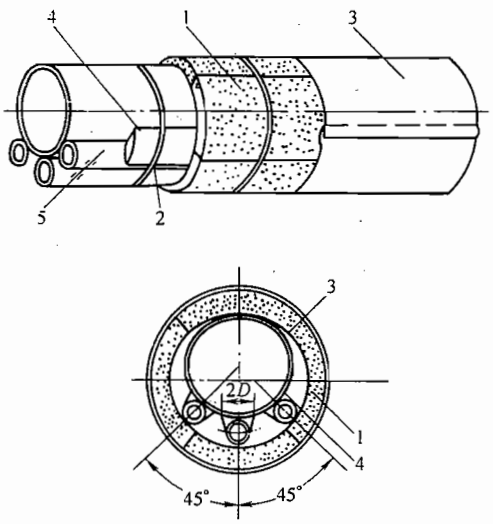


图 25-29　伴热管的保温（二）
1—保温瓦块；2—镀锌铁丝；3—镀锌铁皮；4—传热胶泥；5—伴热管

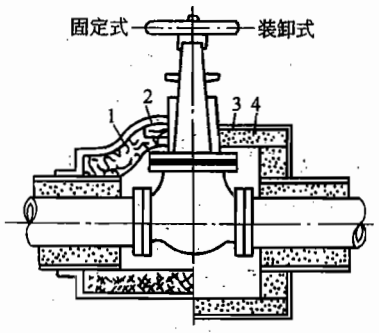


图 25-30　阀门保温结构
1—玻璃棉毡；2—玻璃布保护层；3—铁壳保护层；4—保温板

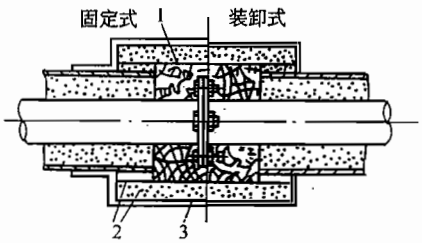
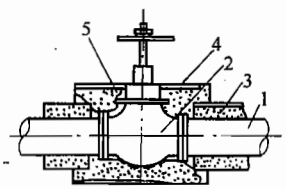


图 25-31　法兰保温结构
1—玻璃棉毡；2—保温瓦；3—保护层（油毡玻璃布或石棉水泥）



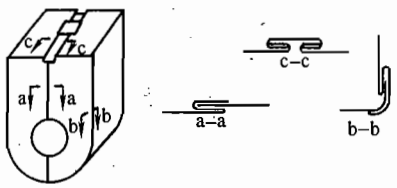


图 25-32　阀门缠绕保温的可卸式保温结构
1—管道；2—阀门；3—管道保温层；4—可拆卸式金属外壳；5—矿物棉缠绕保温层

⑥ 管道、阀门保冷结构，支座、吊架结构（见图 25-34～图 25-36）。

⑦ 低温管道支座及吊架结构（见图 25-37～图 25-40）。

⑧ 设备保温常用结构（见图 25-41～图 25-48）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

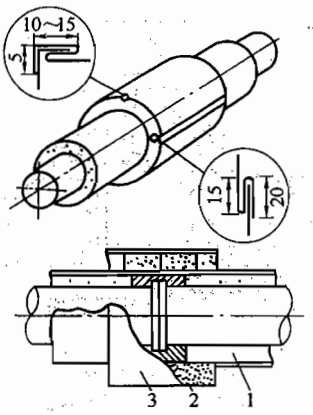
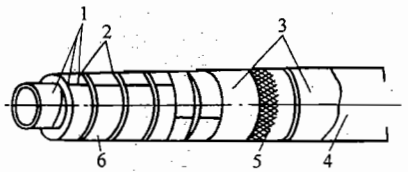
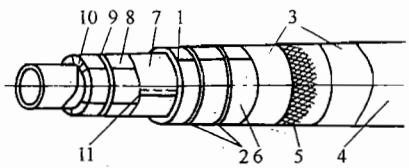


图 25-33 法兰保温罩

1—管道保温结构；2—绝热材料填充层；3—保温罩



单层



双层

图 25-34 直管保冷结构

1—发泡性黏结剂；2—镀锌钢带（最大间距 200mm）；3—沥青玛瑞脂 3mm；4—银粉漆；5—防潮玻璃布；6—聚氨酯泡沫塑料管壳；7—油毡；8—泡沫玻璃管壳；9—不锈钢带或丝（间距 225mm）；10—耐磨涂料；11—沥青油毡

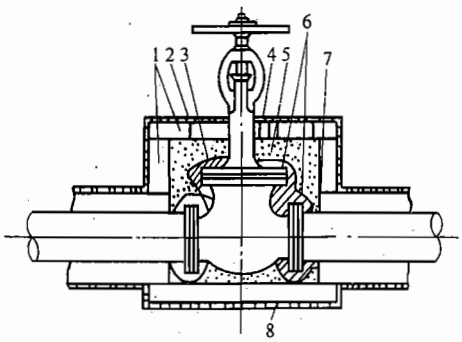


图 25-35 阀门单层保冷结构

1—聚氨酯泡沫塑料板；2—排气孔；3—塑料薄膜；4—发泡液注入口；5—现场发泡聚氨酯塑料；6—玻璃棉毡；7—黏结剂（或发泡性黏结剂）；8—保护壳（沥青玛瑞脂＋防潮玻璃布＋沥青玛瑞脂）

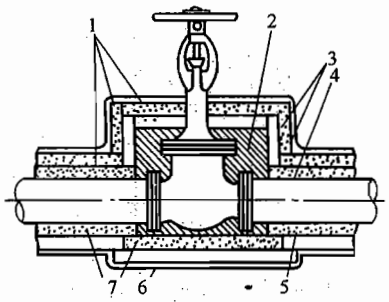


图 25-36 阀门双层保冷结构

1—聚氨酯泡沫塑料板；2—填充玻璃棉；3—黏结剂（或发泡性黏结剂）；4—耐磨胶泥；5—油毡；6—保护壳（沥青玛瑞脂＋防水玻璃布＋沥青玛瑞脂）；7—泡沫玻璃管壳

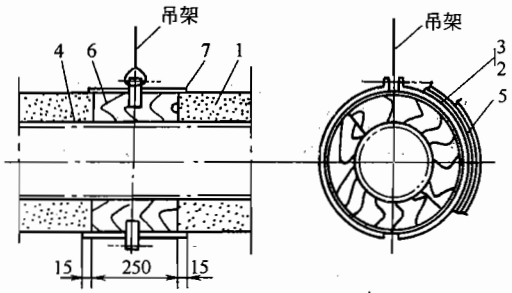


图 25-37 单层保冷时低温管道吊架处保冷结构

1—保冷层（硬质泡沫塑料或泡沫玻璃）；2—防潮层 δ=3mm（沥青玛瑞脂）；3—防潮层（平纹玻璃布）；4—黏结剂、密封剂；5—金属外壳（薄铝板或镀锌薄钢板）；6—支承块（木材或硬塑料）；7—保护铁皮 δ=8.6mm（薄钢板）

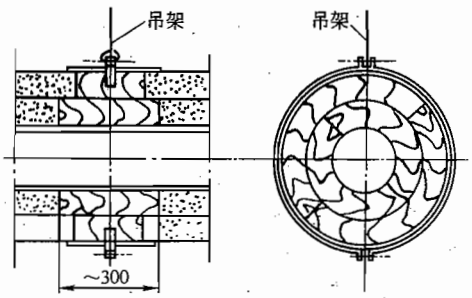


图 25-38 双层保冷时低温管道吊架处保冷结构

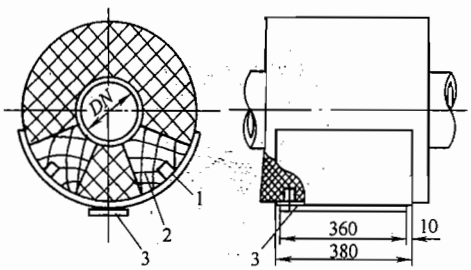


图 25-39 低温管道滑动支座及其保冷结构

1—支承板；2—木块；3—托板（与支承板焊接，但托板不可与支承物件焊死）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

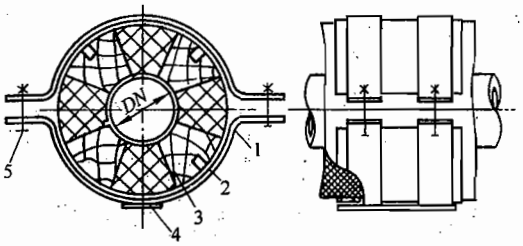


图 25-40　低温管道固定支座及其保冷结构
1—卡箍；2—支承；3—木块；4—托板（托板与支承物件焊死）；5—螺栓、螺母

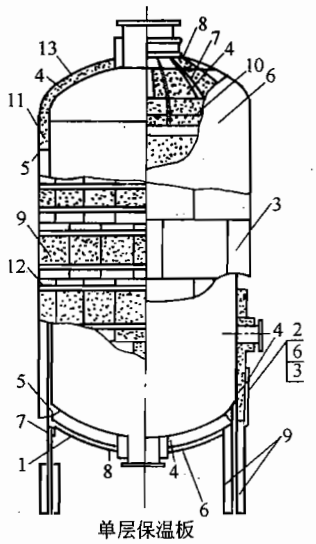


图 25-41　直立圆筒形设备保温结构
1—镀锌钢带（最大间距 200m）；2—镀锌铁丝网；3—镀锌铁皮；4—膨胀珍珠岩板；5—填充石棉；6—石棉水泥壳；7—螺母；8—浮动环 ϕ10mm；9—耐火水泥；10—镀锌金属丝网；11—支承板；12—镀锌钢带（最大间距 250mm）；13—镀锌钢带

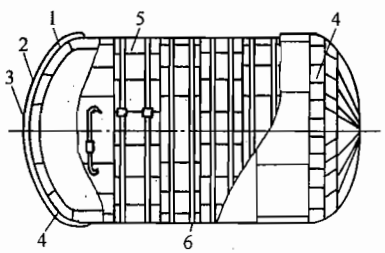


图 25-42　不带法兰的卧式圆筒形设备保温结构
1—镀锌铁丝网；2—石棉水泥；3—浮动环 ϕ10；4—镀锌铁皮；5—弧形膨胀珍珠岩板；6—镀锌钢带（最大间距 250mm）

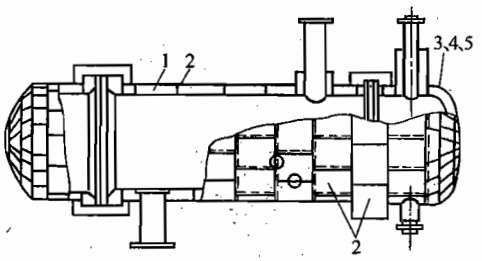


图 25-43　带法兰的卧式圆筒形设备保温结构
1—弧形膨胀珍珠岩板；2—镀锌铁皮；3—镀锌铁丝网；4—石棉水泥；5—镀锌铁皮

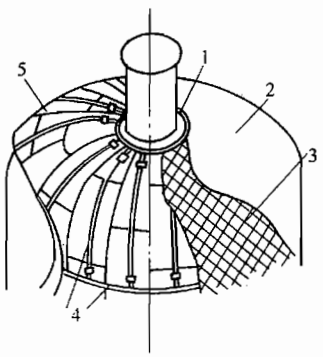


图 25-44　封头节点详图
1—浮动环 10mm；2—石棉水泥壳；3—镀锌铁丝网；4—镀锌钢带；5—膨胀珍珠岩板

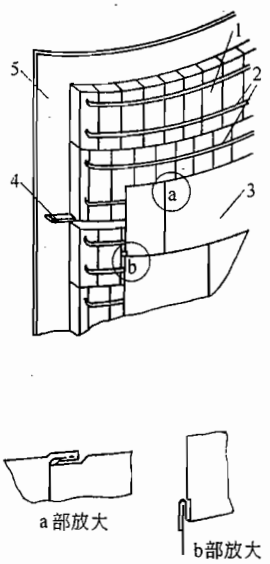


图 25-45　筒体节点（单层）详图
1—弧形膨胀珍珠岩板；2—镀锌钢带（最大间距 250mm）；3—镀锌铁皮；4—支承环；5—筒体

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

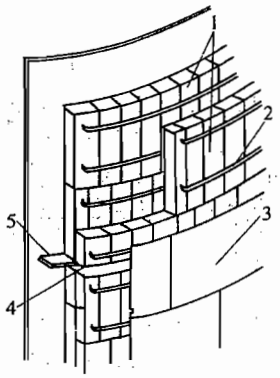


图 25-46 筒体节点（双层）详图

1—弧形珍珠岩板；2—镀锌钢带（最大间距 250mm）；3—镀锌铁皮；4—填充石棉；5—支承环

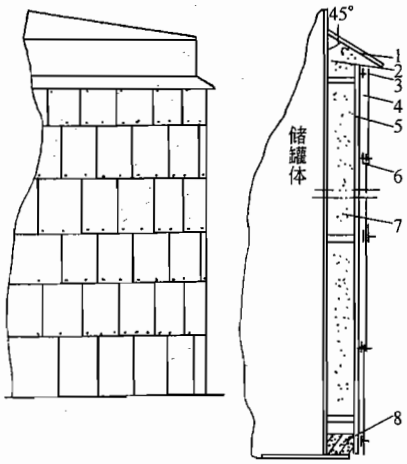


图 25-47 大型锥顶油罐保温结构

1—挡雨板，δ=5～6mm；2—填充材料；3—抽心铆钉；4—镀锌铁皮；5—支撑结构用；6—扁钢 40mm×4mm 或 50mm×4mm；7—保温层；8—防水填层

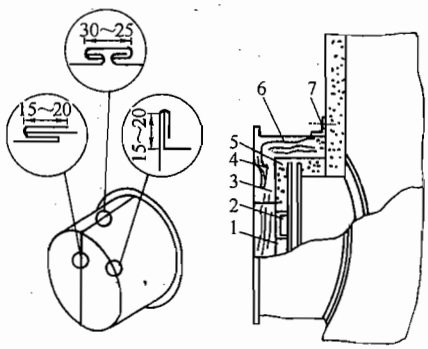


图 25-48 设备人孔门部位的可卸式保温结构

1—填充料；2—内衬铁丝网；3—柔性绝热材料；4—抽芯铆钉；5—支撑；6—金属罩壳；7—自攻螺钉

⑨ 设备保冷常用结构（见图 25-49～图 25-57）

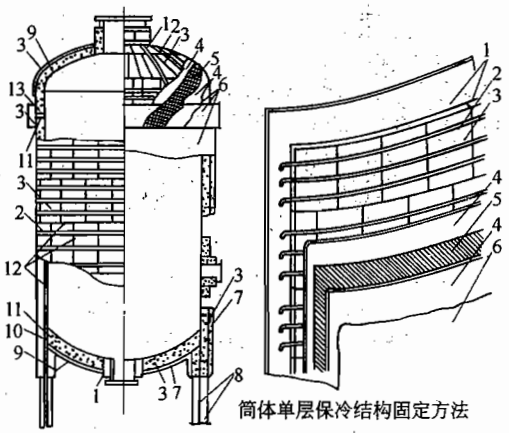


图 25-49 立式圆筒设备单层保冷结构

1—浮动环 ϕ10；2—镀锌钢带（最大间距 200mm）；3—聚氨酯泡沫塑料板；4—沥青玛瑞脂 3mm；5—防潮玻璃布；6—保护壳；7—保护壳（沥青玛瑞脂 3mm，防潮玻璃布，沥青玛瑞脂 3mm，银粉漆）；8—耐火水泥；9—镀锌钢带；10—螺母；11—填充玻璃棉；12—黏结剂；13—支承板

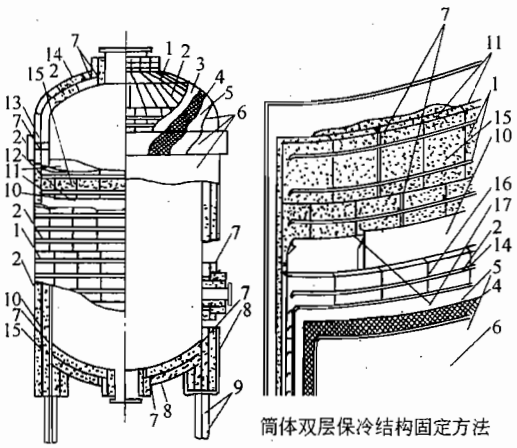


图 25-50 立式圆筒设备双层保冷结构

1—镀锌钢带（最大间距 200mm）；2—聚氨酯泡沫塑料板；3—沥青玛瑞脂 3mm；4—防潮玻璃布；5—沥青玛瑞脂 3mm；6—保护壳；7—填充玻璃棉；8—保护壳；9—耐火泥；10—油毡；11—耐磨涂料；12—不锈钢带（间距 225mm）；13—支承板；14—镀锌钢带；15—泡沫玻璃；16—黏结剂；17—沥青胶

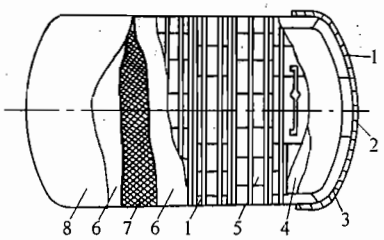


图 25-51 不带法兰的卧式圆筒形设备

1—镀锌钢带（最大间距 200mm）；2—浮动环 ϕ10；3—保护壳（沥青玛瑞脂 3mm）；4—黏结剂；5—聚氨酯泡沫塑料板；6—沥青玛瑞脂 3mm；7—防水玻璃布；8—保护壳

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

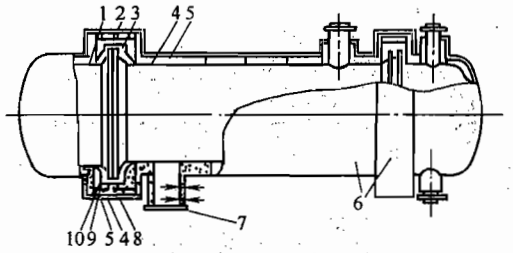


图 25-52　带法兰的卧式圆筒形设备

1—黏结剂；2—发泡液注入口；3—排气孔；4—聚氨酯泡沫塑料板；5—保护壳（沥青玛琋脂 3mm 防水玻璃布；沥青玛琋脂 3mm）；6—保护壳；7—枕木；8—现场发泡聚氨酯塑料；9—镀锌铁丝网；10—填充玻璃棉

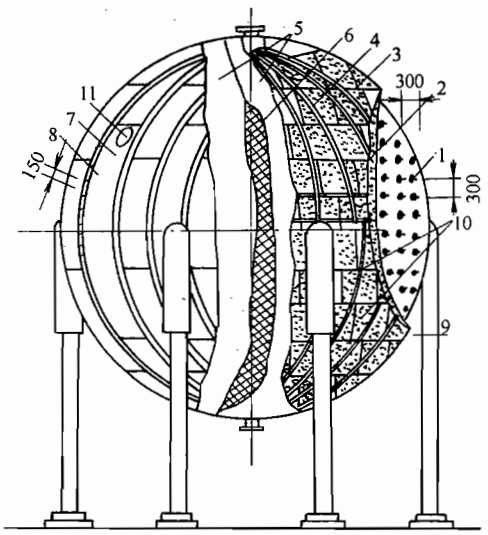


图 25-53　球形容器保冷结构

1—塑料钉（氨基塑料）；2—黏结剂；3—保冷层（聚氨酯泡沫板）；4—不锈钢带；5—沥青玛琋脂；6—平纹玻璃布；7—镀锌铁皮；8—自攻螺钉 M4×10；9—沥青玛琋脂；10—沥青玛琋脂；11—银粉漆

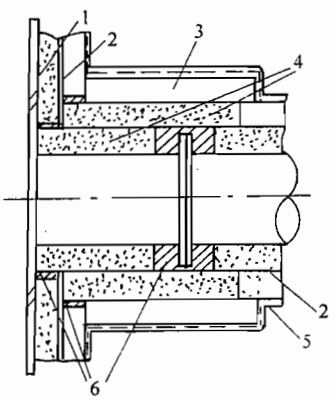


图 25-54　接管保冷结构

1—耐磨涂料；2—油毡；3—聚氨酯泡沫塑料管壳；4—泡沫玻璃管壳；5—保护壳（沥青玛琋脂 3mm；防水玻璃布；沥青玛琋脂 3mm）；6—填充玻璃棉

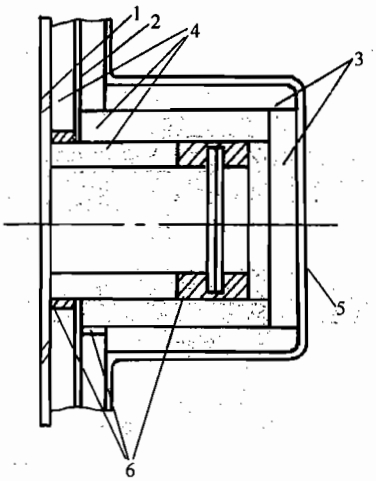


图 25-55　人孔保冷结构

1—耐磨涂料；2—油毡；3—聚氨酯泡沫塑料管壳；4—泡沫玻璃管壳；5—保护壳（沥青玛琋脂 3mm；防水玻璃布，沥青玛琋脂 3mm）；6—填充玻璃棉

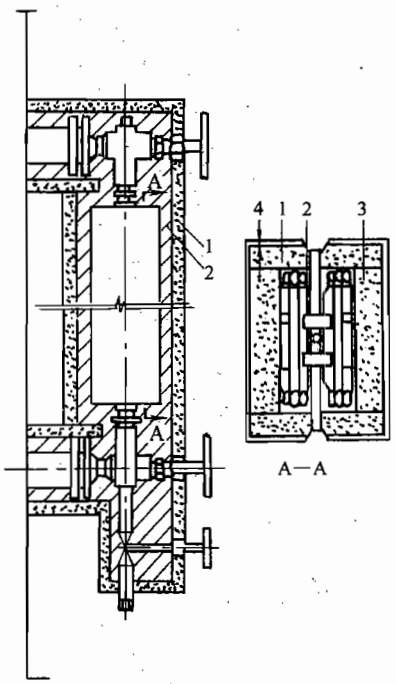


图 25-56　液面计保冷节点图

1—泡沫玻璃板；2—填充玻璃棉；3—耐磨涂料；4—保护壳（沥青玛琋脂 3mm；防水玻璃布；沥青玛琋脂 3mm）

⑩ 设备保温金属壳结构（见图 25-58～图 25-61）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

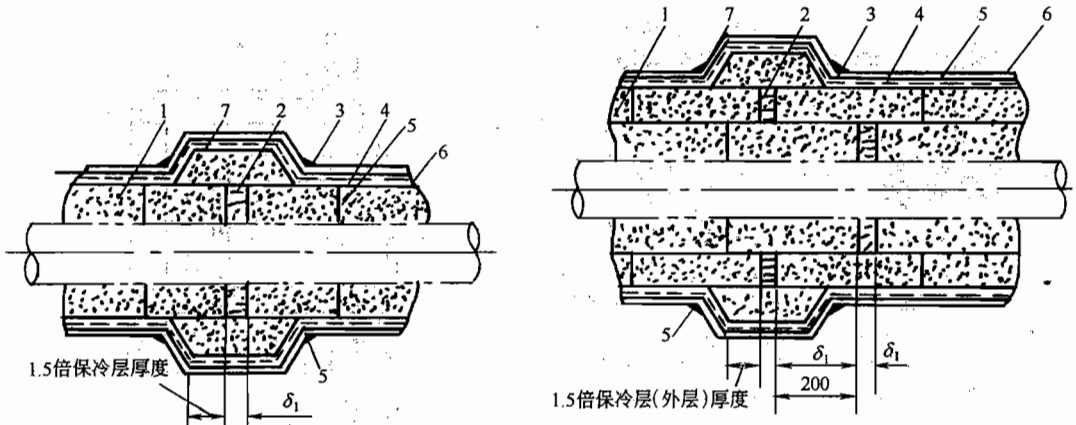


图 25-57 低温管道保冷收缩（膨胀）缝

1—保冷层（硬质泡沫塑料或泡沫玻璃）；2—填充材料（超细玻璃棉）；3—防潮层 $\delta=3$mm（沥青玛蹄脂）；4—防潮层（平纹玻璃布）；5—黏结剂、密封剂；6—捆扎钢带或镀锌钢丝；7—金属外壳（薄铝板或镀锌薄钢板）

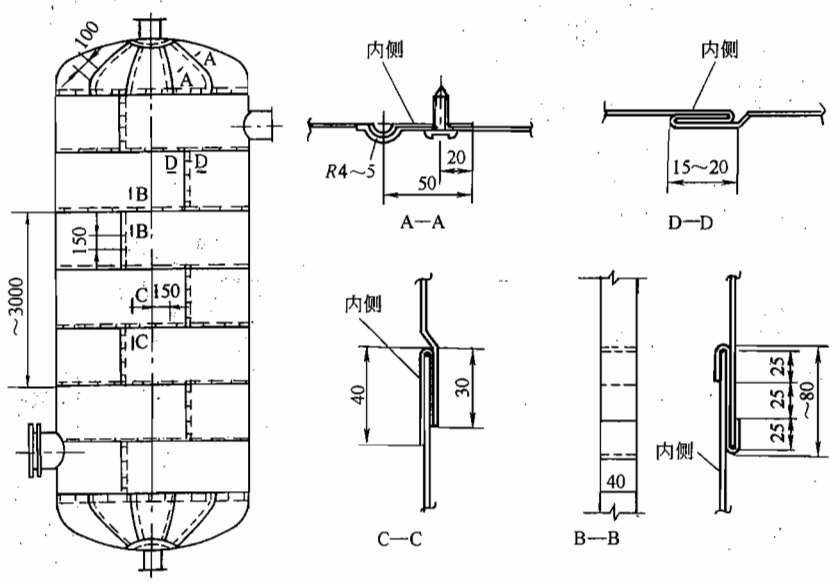


图 25-58 立式设备保温金属保护层结构示意

注：保护层接缝 A—A 用 a 或 b 结构；B—B 用 c 或 d 结构；d 结构仅适用于立式设备；C—C 用 a 结构

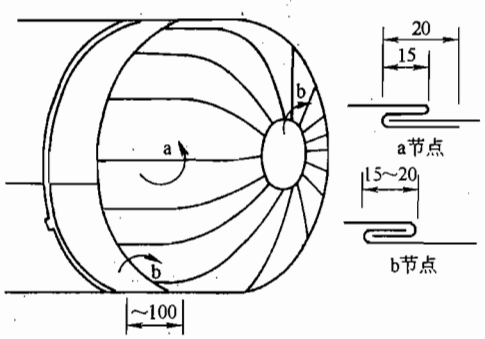


图 25-59 设备保温金属保护壳（封头）结构示意

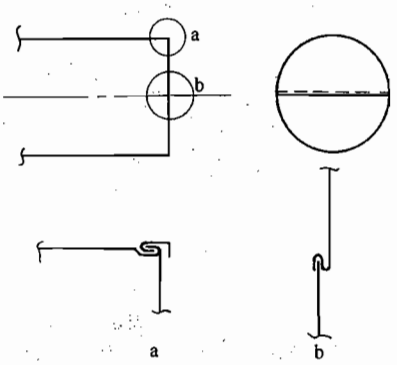


图 25-60 圆筒形平封头金属壳结构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

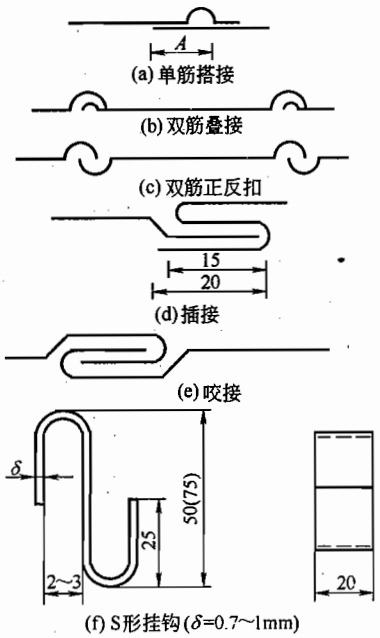


图 25-61　金属壳连接形式

注：1. 图（a）中，A=50mm（环向搭接），用高压蒸汽时，A=75～100mm。

2. 图（b）、（c）中鼓筋尺寸见下表。

保温外径/mm	<100	<150	<300	>300(或平壁)
鼓筋直径/mm	3.2	4.5	6	9

3. 图（f）中 S 形挂钩，用于垂直部位管道、平壁面，每张金属薄板不应小于 2 个挂钩。

2.5　保温材料用量计算

设备保温层、保护层和保温面积的材料用量可以由计算求得，为简化计算，本节列出中型设备筒体部分和封头部分保温材料用量计算表 25-28、表 25-29，可供参考。较大型设备可通过公式得出。

2.5.1　圆形设备筒体部分的用量计算

（1）保温层材料用量 V（见表 25-28）

$$V=\pi D_2\delta \quad m^3/m$$

$$D_2=D_o+\delta$$

式中　D_o——设备外径，m；

δ——保温层厚度，m。

（2）保护层材料用量 V_o（见表 25-28）

$$V_o=\pi(D'+0.015)\times 0.015 \quad m^3/m$$

$$D'=D+2\delta$$

（3）保护层表面积的材料用量 S

即六角镀锌铁丝网面积（见表 25-29）

$$S=\pi D'' \quad m^3/m$$

$$D''=D+2\delta+0.015\times 2$$

2.5.2　圆形设备封头部分的用量计算

（1）保温层材料用量 V（见表 25-29）

$$V=\pi D_2(h+0.35D_2)\delta \quad m^3$$

$$D_2=D+\delta$$

式中　h——设备封头直边高度，m。

（2）保护层材料用量 V_o（见表 25-29）

$$V_o=0.015\pi D'(h+0.35D') \quad m^3$$

式中　$D'=D+2\delta+0.015$

（3）保护层表面积的材料量 S（即六角镀锌铁丝网面积，见表 25-29）

$$S=\pi D''(h+0.35D'') \quad m^3$$

式中　$D''=D+2\delta+0.015\times 2$。

2.5.3　管道保温材料工程用量和辅助材料工程用量（见表 25-30～表 25-33）

表 25-28　圆形设备筒体部分保温材料用量计算　/(m^3/m)

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	1000			1100			1200			1400			1600			1800		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.097	3.330	0.053	0.107	3.680	0.059	0.116	3.960	0.064	0.135	4.585	0.073	0.153	5.230	0.084	0.172	5.840	0.093
40	0.130	3.390	0.054	0.143	3.710	0.060	0.156	4.025	0.065	0.181	4.640	0.074	0.206	5.230	0.085	0.231	5.900	0.094
50	0.165	3.460	0.055	0.181	3.770	0.061	0.196	4.080	0.066	0.228	4.710	0.075	0.259	5.340	0.086	0.290	5.960	0.095
60	0.200	3.517	0.066	0.219	3.831	0.062	0.237	4.145	0.067	0.275	4.773	0.076	0.313	5.400	0.087	0.350	6.023	0.096
70	0.235	3.580	0.057	0.257	3.894	0.063	0.279	4.208	0.068	0.323	4.836	0.077	0.367	5.464	0.088	0.411	6.092	0.097
80	0.271	3.642	0.058	0.296	3.956	0.064	0.322	4.270	0.069	0.372	4.898	0.078	0.422	5.526	0.089	0.572	6.150	0.098
90	0.308	3.705	0.059	0.336	4.019	0.065	0.365	4.333	0.070	0.421	4.960	0.079	0.478	5.589	0.090	0.534	6.217	0.099
100	0.345	3.768	0.060	0.377	4.082	0.066	0.408	4.396	0.071	0.471	5.024	0.080	0.534	5.650	0.091	0.597	6.280	0.100
110	0.383	3.831	0.061	0.418	4.145	0.067	0.453	4.459	0.072	0.522	5.087	0.081	0.591	5.715	0.092	0.059	6.343	0.101
120	0.422	3.804	0.062	0.460	4.208	0.068	0.497	4.520	0.073	0.573	5.150	0.082	0.648	5.778	0.093	0.723	6.406	0.102
130	0.461	3.956	0.063	0.502	4.270	0.069	0.543	4.580	0.074	0.625	5.210	0.083	0.706	5.840	0.094	0.788	0.468	0.103
140	0.501	4.019	0.064	0.545	4.330	0.070	0.589	4.647	0.075	0.677	5.275	0.084	0.765	5.900	0.095	0.853	6.531	0.104
150	0.542	4.082	0.065	0.589	4.396	0.071	0.636	4.710	0.076	0.730	5.338	0.085	0.824	5.966	0.096	0.919	6.594	0.105

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	1000			1100			1200			1400			1600			1800		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
160	0.583	4.145	0.066	0.633	4.450	0.072	0.684	4.773	0.077	0.784	5.400	0.086	0.884	6.030	0.097	0.985	6.657	0.106
170	0.625	4.208	0.067	0.678	4.522	0.073	0.731	4.836	0.078	0.838	5.460	0.087	0.945	6.090	0.098	1.052	6.720	0.107
180	0.667	4.270	0.068	0.724	4.580	0.074	0.780	4.898	0.079	0.893	5.526	0.088	1.006	6.150	0.099	1.119	6.780	0.108
190	0.709	4.330	0.069	0.769	4.640	0.075	0.823	4.960	0.080	0.948	5.590	0.089	1.067	6.210	0.100	1.187	6.840	0.109
200	0.753	4.400	0.070	0.816	4.710	0.076	0.879	5.020	0.081	1.004	5.651	0.090	1.130	6.280	0.101	1.256	6.990	0.110
210	0.797	4.460	0.071	0.863	4.770	0.077	0.929	5.080	0.082	1.061	5.712	0.091	1.193	6.340	0.102	1.325	6.970	0.111
220	0.842	4.520	0.072	0.911	4.830	0.078	0.980	5.140	0.083	1.119	5.783	0.092	1.257	6.400	0.103	1.395	7.030	0.112
230	0.888	4.580	0.073	0.960	4.890	0.079	1.032	5.200	0.084	1.177	5.844	0.093	1.321	6.460	0.104	1.486	7.090	0.113
240	0.934	4.640	0.074	1.009	4.960	0.080	1.085	5.260	0.085	1.235	5.900	0.094	1.386	6.530	0.105	1.537	7.150	0.114
250	0.981	4.700	0.075	1.059	5.010	0.081	1.138	5.332	0.086	1.295	5.961	0.095	1.452	6.590	0.106	1.609	7.220	0.115
260	1.028	4.760	0.076	1.110	5.080	0.082	1.191	5.401	0.087	1.355	6.022	0.096	1.518	6.650	0.107	1.681	7.280	0.116
270	1.078	4.840	0.077	1.161	5.110	0.083	1.246	5.462	0.088	1.415	6.090	0.097	1.585	6.710	0.108	1.757	7.340	0.117
280	1.125	4.900	0.078	1.213	5.210	0.084	1.301	5.533	0.089	1.477	6.150	0.098	1.652	6.780	0.109	1.828	7.410	0.118
290	1.174	4.960	0.079	1.265	5.270	0.085	1.356	5.594	0.090	1.538	6.212	0.099	1.721	6.840	0.110	1.903	7.470	0.119
300	1.224	5.020	0.080	1.318	5.340	0.086	1.413	5.652	0.091	1.600	6.280	0.100	1.789	6.900	0.111	1.978	7.530	0.120

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	2000			2200			2400			2600			2800			3000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.191	6.460	0.103	0.210	7.090	0.113	0.229	7.720	0.124	0.248	8.350	0.134	0.266	8.990	0.144	0.285	9.600	0.153
40	0.256	6.530	0.104	0.282	7.160	0.114	0.306	7.780	0.125	0.332	8.430	0.135	0.357	9.050	0.145	0.382	9.660	0.154
50	0.322	6.590	0.105	0.353	7.230	0.115	0.385	7.850	0.126	0.416	8.480	0.136	0.447	9.110	0.146	0.478	9.730	0.155
60	0.388	6.659	0.106	0.426	7.290	0.116	0.464	7.910	0.127	0.501	8.540	0.137	0.539	9.170	0.147	0.577	9.800	0.156
70	0.455	6.720	0.107	0.499	7.350	0.117	0.543	7.980	0.128	0.587	8.600	0.138	0.631	9.230	0.148	0.675	9.860	0.157
80	0.523	6.780	0.108	0.573	7.410	0.118	0.623	8.040	0.129	0.673	8.670	0.139	0.724	9.290	0.149	0.774	9.920	0.158
90	0.591	6.840	0.109	0.647	7.470	0.119	0.704	8.100	0.130	0.760	8.730	0.140	0.817	9.360	0.150	0.873	9.980	0.159
100	0.659	6.908	0.110	0.722	7.540	0.120	0.785	8.160	0.131	0.848	8.790	0.141	0.911	9.420	0.151	0.973	10.050	0.160
110	0.729	6.971	0.111	0.798	7.600	0.121	0.867	8.230	0.132	0.96	8.850	0.142	1.005	9.480	0.152	1.074	10.110	0.161
120	0.799	7.034	0.112	0.874	7.666	0.122	0.950	8.290	0.133	1.025	8.920	0.143	1.110	9.550	0.153	1.176	10.170	0.162
130	0.869	7.096	0.113	0.952	7.720	0.123	1.033	8.350	0.134	1.114	8.980	0.144	1.196	9.610	0.154	1.278	10.230	0.163
140	0.941	7.159	0.114	1.029	7.790	0.124	1.117	8.420	0.135	1.205	9.040	0.145	1.292	9.670	0.155	1.386	10.290	0.164
150	1.013	7.222	0.115	1.107	7.850	0.125	1.201	8.400	0.136	1.295	9.100	0.146	1.390	9.730	0.156	1.484	10.360	0.165
160	1.085	7.285	0.116	1.186	7.910	0.126	1.286	8.540	0.137	1.387	9.170	0.147	1.487	9.790	0.157	1.588	10.420	0.166
170	1.158	7.348	0.117	1.265	7.980	0.127	1.372	8.600	0.138	1.479	9.230	0.148	1.585	9.860	0.158	1.692	10.490	0.167
180	1.232	7.410	0.118	1.345	8.040	0.128	1.458	8.660	0.139	1.571	9.290	0.149	1.684	9.920	0.159	1.790	10.550	0.168
190	1.306	7.470	0.119	1.425	8.100	0.129	1.545	8.720	0.140	1.664	9.350	0.150	1.783	9.980	0.160	1.903	10.610	0.169
200	1.381	7.530	0.120	1.507	8.160	0.130	1.632	8.790	0.141	1.758	9.410	0.151	1.884	10.040	0.161	2.009	10.670	0.170
210	1.457	7.600	0.121	1.589	8.220	0.131	1.721	8.850	0.142	1.852	9.470	0.152	1.984	10.100	0.162	2.116	10.730	0.171
220	1.533	7.660	0.122	1.671	8.280	0.132	1.809	8.910	0.143	1.948	9.530	0.153	2.086	10.170	0.163	2.224	10.800	0.172
230	1.610	7.720	0.123	1.754	8.350	0.133	1.899	8.970	0.144	2.043	9.600	0.154	2.188	10.230	0.164	2.332	10.860	0.173
240	1.688	7.780	0.124	1.838	8.410	0.134	1.989	9.040	0.145	2.140	9.660	0.155	2.290	10.290	0.165	2.441	10.920	0.174
250	1.766	7.840	0.125	1.923	8.470	0.135	2.080	9.100	0.146	2.237	9.720	0.156	2.394	10.350	0.166	2.518	10.990	0.175

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	2000			2200			2400			2600			2800			3000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
260	1.845	7.911	0.126	2.008	8.540	0.136	2.171	9.160	0.147	2.334	9.780	0.157	2.498	10.410	0.167	2.661	11.050	0.176
270	1.924	7.970	0.127	2.094	8.600	0.137	2.263	9.220	0.148	2.433	9.850	0.158	2.602	10.470	0.168	2.772	11.110	0.177
280	2.004	8.030	0.128	2.180	8.660	0.138	2.356	9.290	0.149	2.532	9.910	0.159	2.707	10.540	0.169	2.882	11.180	0.178
290	2.085	8.100	0.129	2.267	8.730	0.139	2.449	9.350	0.150	2.631	9.970	0.160	8.813	10.610	0.170	2.995	11.240	0.179
300	2.166	8.160	0.130	2.355	8.790	0.140	2.543	9.420	0.151	2.731	10.040	0.161	2.920	10.670	0.171	3.108	11.300	0.180

保温层厚度/mm	筒体外径/mm														
	3200			3400			3600			3800			4000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.304	10.230	0.163	0.323	10.860	0.173	0.342	11.490	0.183	0.361	12.120	0.194	0.380	12.750	0.204
40	0.407	10.300	0.164	0.432	10.920	0.174	0.457	11.550	0.184	0.482	12.180	0.195	0.508	12.810	0.205
50	0.510	10.360	0.165	0.542	10.990	0.175	0.523	11.620	0.185	0.604	12.240	0.196	0.636	12.870	0.206
60	0.614	10.420	0.166	0.652	11.050	0.176	0.689	11.680	0.186	0.727	12.300	0.197	0.765	12.940	0.207
70	0.719	10.490	0.167	0.763	11.110	0.177	0.806	11.740	0.187	0.851	12.370	0.198	0.894	13.000	0.208
80	0.824	10.550	0.168	0.874	11.170	0.178	0.924	11.800	0.188	0.975	12.430	0.199	1.028	13.060	0.209
90	0.940	10.610	0.169	0.986	11.240	0.179	1.043	11.870	0.189	1.099	12.490	0.200	1.156	13.120	0.210
100	1.036	10.680	0.170	1.099	11.300	0.180	1.162	11.930	0.190	1.225	12.560	0.201	1.237	13.190	0.211
110	1.143	10.740	0.171	1.212	11.360	0.181	1.281	12.000	0.191	1.351	12.620	0.202	1.420	13.250	0.212
120	1.251	10.800	0.172	1.326	11.430	0.182	1.402	12.060	0.192	1.477	12.680	0.203	1.552	13.310	0.213
130	1.359	10.860	0.173	1.441	11.490	0.183	1.523	12.120	0.193	1.604	12.750	0.204	1.686	13.370	0.214
140	1.468	10.920	0.174	1.556	11.550	0.184	1.644	12.160	0.194	1.732	12.810	0.205	1.820	13.440	0.215
150	1.578	10.990	0.175	1.672	11.620	0.185	1.766	12.240	0.195	1.861	12.870	0.206	1.955	13.500	0.216
160	1.688	11.050	0.176	1.788	11.680	0.186	1.889	12.300	0.196	1.990	12.940	0.207	2.090	13.560	0.217
170	1.799	11.110	0.177	1.906	11.740	0.187	2.012	12.370	0.197	2.119	13.000	0.208	2.276	13.620	0.218
180	1.910	11.170	0.178	2.034	11.800	0.188	2.136	12.430	0.198	2.250	13.060	0.209	2.363	13.690	0.219
190	2.022	11.240	0.179	2.141	11.860	0.189	2.261	12.490	0.199	2.380	13.120	0.210	2.490	13.750	0.220
200	2.135	11.300	0.180	2.260	11.930	0.190	2.386	12.560	0.200	2.512	13.180	0.211	2.637	13.810	0.221
210	2.248	11.360	0.181	2.380	11.990	0.191	2.512	12.620	0.201	2.644	13.240	0.212	2.776	13.870	0.222
220	2.362	11.430	0.182	2.500	12.060	0.192	2.638	12.630	0.202	2.777	13.300	0.213	2.915	13.930	0.223
230	2.477	11.490	0.183	2.621	12.120	0.193	2.766	12.740	0.203	2.910	13.360	0.214	3.054	13.990	0.224
240	2.592	11.550	0.184	2.743	12.180	0.194	2.893	12.800	0.204	3.044	13.440	0.215	3.195	14.060	0.225
250	2.708	11.610	0.185	2.865	12.240	0.195	3.022	12.870	0.205	3.179	13.500	0.216	3.336	14.130	0.226
260	2.824	11.670	0.186	2.988	12.300	0.196	3.151	12.930	0.206	3.314	13.560	0.217	3.477	14.190	0.227
270	2.941	11.730	0.187	3.111	12.360	0.197	3.280	12.990	0.207	3.450	13.620	0.218	3.620	14.250	0.228
280	3.059	11.800	0.188	3.235	12.430	0.198	3.411	13.060	0.208	3.587	13.680	0.219	3.762	14.320	0.229
290	3.177	11.860	0.189	3.360	12.490	0.199	3.542	13.120	0.209	3.724	13.740	0.220	3.906	14.380	0.230
300	3.297	11.920	0.190	3.485	12.550	0.200	3.673	13.180	0.210	3.862	13.810	0.221	4.050	14.440	0.231

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-29 圆形设备封头部分保温材料用量计算 /m^3

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	1000			1100			1200			1400			1600			1800		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.035	1.400	0.022	0.047	1.661	0.25	0.055	1.943	0.030	0.074	2.573	0.038	0.095	3.290	0.050	0.119	4.096	0.062
40	0.052	1.450	0.023	0.064	1.716	0.026	0.075	2.002	0.030	0.100	2.640	0.040	0.128	3.367	0.051	0.160	4.181	0.064
50	0.067	1.500	0.024	0.081	1.771	0.027	0.095	2.062	0.031	0.126	2.709	0.041	0.162	3.444	0.052	0.202	4.267	0.065
60	0.032	1.550	0.025	0.099	1.828	0.028	0.116	2.123	0.032	0.154	2.779	0.042	0.197	3.523	0.054	0.245	4.355	0.066
70	0.098	1.600	0.026	0.118	1.885	0.029	0.138	2.184	0.033	0.182	2.849	0.043	0.233	3.602	0.055	0.289	4.443	0.067
80	0.114	1.660	0.027	0.137	1.943	0.030	0.160	2.247	0.034	0.211	2.920	0.044	0.269	3.682	0.056	0.334	4.531	0.069
90	0.131	1.720	0.028	0.156	2.002	0.030	0.182	2.310	0.035	0.240	2.993	0.045	0.306	3.763	0.057	0.380	4.621	0.070
100	0.150	1.780	0.029	0.177	2.062	0.031	0.206	2.375	0.036	0.270	3.066	0.047	0.344	3.845	0.058	0.426	4.712	0.072
110	0.167	1.840	0.030	0.197	2.123	0.032	0.230	2.440	0.037	0.301	3.140	0.048	0.383	3.928	0.060	0.474	4.803	0.073
120	0.185	1.900	0.031	0.219	2.184	0.033	0.254	2.506	0.038	0.333	3.214	0.049	0.422	4.011	0.061	0.522	4.896	0.074
130	0.204	1.960	0.032	0.241	2.247	0.034	0.280	2.573	0.039	0.365	3.290	0.050	0.463	4.096	0.062	0.571	4.989	0.076
140	0.224	2.020	0.033	0.263	2.310	0.035	0.305	2.640	0.040	0.398	3.367	0.051	0.504	4.181	0.064	0.622	5.083	0.077
150	0.245	2.090	0.034	0.287	2.375	0.036	0.332	2.709	0.041	0.432	3.444	0.051	0.546	4.267	0.065	0.673	5.178	0.079
160	0.266	2.150	0.035	0.310	2.440	0.037	0.359	2.779	0.042	0.467	3.523	0.054	0.599	4.355	0.066	0.725	5.274	0.080
170	0.287	2.220	0.036	0.335	2.506	0.038	0.337	2.849	0.043	0.502	3.602	0.055	0.632	4.443	0.067	0.728	5.371	0.082
180	0.310	2.290	0.037	0.360	2.573	0.040	0.415	2.920	0.044	0.538	3.682	0.056	0.677	4.531	0.069	0.831	5.469	0.083
190	0.333	2.360	0.038	0.386	2.640	0.041	0.445	2.993	0.045	0.575	3.763	0.057	0.722	4.621	0.070	0.886	5.567	0.085
200	0.356	2.430	0.039	0.412	2.709	0.042	0.475	3.066	0.047	0.613	3.845	0.058	0.769	4.712	0.072	0.942	5.667	0.086
210	0.380	2.500	0.040	0.439	2.779	0.043	0.505	3.140	0.048	0.651	3.928	0.060	0.816	4.803	0.073	0.999	5.767	0.088
220	0.405	2.570	0.041	0.467	2.849	0.044	0.536	3.214	0.049	0.690	4.011	0.061	0.864	4.896	0.074	1.056	5.869	0.089
230	0.430	2.640	0.042	0.495	2.920	0.045	0.568	3.290	0.050	0.730	4.096	0.062	0.913	4.989	0.076	1.115	5.971	0.091
240	0.456	2.710	0.043	0.524	2.993	0.046	0.601	3.367	0.051	0.771	4.181	0.064	0.962	5.083	0.077	1.175	6.074	0.092
250	0.483	2.790	0.044	0.554	2.066	0.047	0.634	3.444	0.052	0.813	4.267	0.065	1.013	5.178	0.079	1.235	6.177	0.094
260	0.510	2.830	0.045	0.584	3.140	0.048	0.669	3.523	0.054	0.855	4.355	0.066	1.065	5.274	0.080	1.297	6.282	0.095
270	0.537	2.930	0.046	0.615	3.214	0.049	0.703	3.602	0.055	0.898	4.443	0.067	1.117	5.371	0.082	1.359	6.388	0.097
280	0.566	3.010	0.047	0.647	3.290	0.050	0.739	3.682	0.056	0.942	4.531	0.069	1.170	5.469	0.083	1.423	6.494	0.099
290	0.595	3.090	0.048	0.679	3.367	0.051	0.775	3.763	0.057	0.987	4.621	0.070	1.225	5.567	0.085	1.488	6.602	0.100
300	0.627	3.170	0.049	0.712	3.444	0.052	0.812	3.845	0.058	1.033	4.712	0.072	1.280	5.667	0.086	1.553	6.710	0.102

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	2000			2200			2400			2600			2800			3000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.145	4.989	0.076	0.174	5.971	0.091	0.206	7.040	0.107	0.240	8.197	0.124	0.277	9.443	0.143	0.317	10.776	0.163
40	0.195	5.083	0.077	0.234	6.074	0.092	0.277	7.152	0.108	0.323	8.318	0.126	0.372	9.572	0.145	0.425	10.914	0.165
50	0.247	5.178	0.079	0.030	6.177	0.094	0.349	7.264	0.110	0.406	8.439	0.128	0.468	9.702	0.147	0.535	11.053	0.167
60	0.299	5.274	0.080	0.358	6.282	0.095	0.422	7.378	0.112	0.491	8.562	0.130	0.556	9.833	0.149	0.646	11.193	0.170
70	0.352	5.371	0.082	0.421	6.388	0.097	0.496	7.492	0.114	0.578	8.685	0.132	0.665	9.965	0.151	0.759	11.334	0.172
80	0.406	5.469	0.083	0.485	6.494	0.099	0.572	7.608	0.115	0.665	8.809	0.134	0.765	10.098	0.153	0.873	11.476	0.174
90	0.461	5.567	0.085	0.551	6.602	0.100	0.648	7.724	0.117	0.754	8.934	0.135	0.867	10.232	0.155	0.988	11.618	0.176
100	0.517	5.667	0.086	0.617	0.710	0.102	0.726	7.841	0.119	0.843	9.060	0.137	0.970	10.367	0.157	1.105	11.762	0.178
110	0.574	5.767	0.088	0.685	6.819	0.103	0.805	7.959	0.121	0.935	9.187	0.139	1.074	10.502	0.159	1.223	11.906	0.180
120	0.632	5.869	0.089	0.753	6.929	0.105	0.855	8.079	0.122	1.027	9.314	0.141	1.180	10.639	0.161	1.343	12.051	0.182
130	0.692	5.971	0.091	0.823	7.040	0.107	0.966	8.197	0.124	1.121	9.443	0.143	1.286	10.776	0.163	1.464	12.197	0.185
140	0.752	6.074	0.092	0.804	7.152	0.108	1.049	8.318	0.126	1.215	9.572	0.145	1.395	10.914	0.165	1.586	12.344	0.187
150	0.813	6.177	0.094	0.966	7.264	0.110	1.132	8.439	0.128	1.312	9.702	0.147	1.504	11.053	0.167	1.710	12.492	0.189

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

保温层厚度/mm	筒体外径/mm																	
	2000			2200			2400			2600			2800			3000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
160	0.875	6.282	0.095	1.039	7.378	0.112	1.217	8.562	0.130	1.409	9.833	0.149	1.615	11.193	0.170	1.836	12.641	0.191
170	0.938	6.388	0.097	1.113	7.492	0.114	1.303	8.685	0.132	1.508	9.965	0.151	1.728	11.334	0.172	1.963	12.790	0.194
180	1.002	6.494	0.099	1.188	7.608	0.115	1.390	8.809	0.134	1.608	10.098	0.153	1.841	11.476	0.174	2.091	12.941	0.196
190	1.067	6.602	0.100	1.264	7.724	0.117	1.478	8.934	0.135	1.709	10.232	0.155	1.956	11.618	0.176	2.221	13.092	0.198
200	1.133	6.710	0.102	1.342	7.841	0.119	1.568	9.060	0.137	1.812	10.367	0.157	2.073	11.762	0.178	2.352	13.244	0.200
210	1.200	6.819	0.103	1.420	7.959	0.121	1.659	9.187	0.139	1.915	10.502	0.159	2.191	11.906	0.180	2.485	13.398	0.203
220	1.268	6.929	0.105	1.500	8.078	0.122	1.751	9.314	0.141	2.021	10.639	0.161	2.310	12.051	0.182	2.619	13.552	0.205
230	1.338	7.040	0.107	1.581	8.197	0.124	1.844	9.443	0.143	2.127	10.776	0.163	2.431	12.197	0.185	2.755	13.706	0.207
240	1.408	7.152	0.108	1.663	8.318	0.126	1.938	9.572	0.145	2.235	10.914	0.165	2.553	12.344	0.187	2.892	13.862	0.210
250	1.479	7.264	0.110	1.746	8.439	0.128	2.034	9.702	0.147	2.344	11.053	0.167	2.676	12.492	0.189	3.031	14.019	0.212
260	1.552	7.378	0.112	1.830	8.562	0.130	2.131	9.833	0.149	2.455	11.193	0.170	2.801	12.641	0.191	3.171	14.176	0.215
270	1.626	7.492	0.114	1.915	8.685	0.132	2.229	9.965	0.151	2.567	11.334	0.172	2.928	12.790	0.194	3.313	14.335	0.217
280	1.700	7.608	0.115	2.002	8.809	0.134	2.329	10.098	0.153	2.680	11.476	0.174	3.056	12.941	0.196	3.456	14.494	0.219
290	1.776	7.724	0.117	2.090	8.934	0.135	2.429	10.232	0.155	2.794	11.618	0.176	3.185	13.092	0.198	3.601	14.654	0.222
300	1.853	7.841	0.119	2.179	9.060	0.137	2.531	10.367	0.157	2.910	11.762	0.178	3.316	13.244	0.200	3.747	14.815	0.224

保温层厚度/mm	筒体外径/mm														
	3200			3400			3600			3800			4000		
	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o	V	S	V_o
30	0.359	12.197	0.185	0.401	13.706	0.207	0.451	15.304	0.232	0.501	16.989	0.257	0.554	18.762	0.284
40	0.482	12.344	0.187	0.542	13.862	0.210	0.605	15.468	0.234	0.672	17.162	0.260	0.743	18.944	0.286
50	0.606	12.492	0.189	0.681	14.019	0.212	0.761	15.634	0.237	0.845	17.336	0.262	0.933	19.127	0.289
60	0.731	12.641	0.191	0.822	14.176	0.215	0.818	15.800	0.239	1.019	17.512	0.265	1.125	19.311	0.292
70	0.858	12.790	0.194	0.964	14.335	0.217	1.077	15.967	0.242	1.195	17.688	0.267	1.319	19.496	0.295
80	0.987	12.941	0.196	1.109	14.494	0.219	1.237	16.135	0.244	1.373	17.864	0.270	1.515	19.681	0.298
90	1.117	13.092	0.198	1.254	14.654	0.222	1.399	16.304	0.247	1.552	18.042	0.273	1.713	19.868	0.300
100	1.129	13.244	0.200	1.401	14.815	0.224	1.563	6.474	0.249	1.733	18.221	0.276	1.912	20.055	0.303
110	1.382	13.398	0.203	1.550	14.977	0.227	1.728	16.645	0.252	1.916	18.400	0.273	2.114	20.244	0.306
120	1.516	13.552	0.205	1.701	15.140	0.229	1.896	16.816	0.254	2.101	18.581	0.281	2.317	20.433	0.309
130	1.653	13.706	0.207	1.853	15.304	0.232	2.064	16.989	0.257	2.287	18.762	0.284	2.522	20.623	0.312
140	1.790	13.862	0.210	2.106	15.468	0.234	2.235	17.162	0.260	2.476	18.944	0.286	2.729	20.814	0.315
150	1.929	14.019	0.212	2.262	15.634	0.237	2.407	17.336	0.262	2.666	19.127	0.289	2.938	21.006	0.317
160	2.070	14.176	0.215	2.319	15.800	0.239	2.581	17.512	0.265	2.858	19.311	0.292	3.149	21.199	0.320
170	2.212	14.335	0.217	2.477	15.967	0.242	2.757	17.688	0.267	3.052	19.496	0.295	3.361	21.392	0.323
180	2.356	14.494	0.219	2.637	16.135	0.244	2.934	17.864	0.270	3.247	19.681	0.298	3.567	21.587	0.326
190	2.502	14.654	0.222	2.799	16.304	0.247	3.114	18.042	0.273	3.445	19.868	0.300	3.792	21.782	0.329
200	2.648	14.815	0.224	2.963	16.474	0.249	3.294	18.221	0.276	3.644	20.055	0.303	4.011	21.978	0.332
210	2.797	14.977	0.227	3.128	16.645	0.252	3.477	18.400	0.278	3.845	20.244	0.306	4.231	22.175	0.335
220	2.947	15.140	0.229	3.295	16.816	0.254	3.661	18.581	0.281	4.048	20.433	0.309	4.453	22.373	0.338
230	3.099	15.304	0.232	3.463	16.989	0.257	3.848	18.762	0.284	4.252	20.623	0.312	4.677	22.572	0.341
240	3.252	15.468	0.234	3.633	17.162	0.260	4.036	18.944	0.286	4.459	20.814	0.315	4.904	22.772	0.344
250	3.407	15.634	0.237	3.805	17.336	0.262	4.225	19.127	0.289	4.667	21.006	0.317	5.132	22.972	0.347
260	3.563	15.800	0.239	3.979	17.512	0.265	4.417	19.311	0.292	4.878	21.199	0.320	5.362	23.174	0.350
270	3.721	15.967	0.242	4.154	17.688	0.267	4.610	19.496	0.295	5.090	21.392	0.323	5.594	23.376	0.353
280	3.881	16.135	0.244	4.331	17.864	0.270	4.805	19.681	0.298	5.304	21.587	0.326	5.828	23.580	0.356
290	4.042	16.304	0.247	4.509	18.042	0.273	5.002	19.868	0.300	5.520	21.782	0.329	6.063	23.784	0.359
300	4.205	16.474	0.249	4.690	18.221	0.276	5.201	20.055	0.303	5.738	21.978	0.332	6.301	23.989	0.362

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-30 管道保

V_1 主保温层体积/(m^3/m)；V_2 主保护层体积/(m^3/m)；

d /mm	V,F	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
22	V_1	0.006	0.009	0.013	0.017	0.023	0.028	0.035	0.045	0.049	0.057	0.066	0.076
	V_2	0.0052	0.0063	0.0070	0.0081	0.0090	0.0100	0.011	0.012	0.0128	0.0137	0.0147	0.0156
	F	0.35	0.42	0.47	0.54	0.603	0.670	0.729	0.792	0.855	0.927	0.980	0.043
28	V_1	0.006	0.010	0.014	0.019	0.024	0.030	0.036	0.043	0.051	0.060	0.069	0.078
	V_2	0.0056	0.0065	0.0074	0.0083	0.0093	0.0103	0.0112	0.0122	0.0131	0.014	0.0145	0.0159
	F	0.37	0.434	0.496	0.559	0.622	0.685	0.748	0.811	0.072	0.936	0.998	1.062
32	V_1	0.007	0.010	0.0145	0.019	0.025	0.031	0.073	0.045	0.053	0.061	0.070	0.080
	V_2	0.0057	0.0066	0.0076	0.0085	0.0095	0.0104	0.0114	0.0123	0.0132	0.0142	0.0151	0.0161
	F	0.383	0.446	0.509	0.572	0.634	0.697	0.760	0.823	0.885	0.949	1.012	1.074
38	V_1	0.0074	0.011	0.0154	0.021	0.020	0.032	0.040	0.047	0.055	0.064	0.073	0.083
	V_2	0.0060	0.0069	0.0079	0.0088	0.0098	0.0107	0.0116	0.0126	0.0135	0.0145	0.0154	0.0163
	F	0.402	0.464	0.527	0.590	0.653	0.716	0.779	0.841	0.904	0.967	1.030	1.093
45	V_1	0.080	0.012	0.017	0.022	0.028	0.034	0.041	0.049	0.057	0.066	0.077	0.086
	V_2	0.0063	0.0072	0.0082	0.0091	0.0101	0.0110	0.012	0.0129	0.0138	0.0148	0.0157	0.0167
	F	0.424	0.436	0.549	0.612	0.0675	0.738	0.801	0.863	0.926	0.989	1.052	1.115
57	V_1	0.008	0.012	0.017	0.022	0.028	0.034	0.042	0.049	0.058	0.065		
	V_2	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015		
	F	0.462	0.525	0.587	0.650	0.713	0.776	0.839	0.902	0.964	1.027		
76	V_1	0.010	0.015	0.020	0.026	0.032	0.039	0.047	0.055	0.064	0.074	0.084	0.095
	V_2	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.017
	F	0.522	0.584	0.647	0.710	0.773	0.836	0.892	0.961	1.024	1.087	1.150	1.213
89	V_1	0.011	0.016	0.022	0.028	0.035	0.042	0.051	0.059	0.069	0.079	0.089	0.101
	V_2	0.008	0.009	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018
	F	0.562	0.625	0.688	0.751	0.814	0.877	0.939	1.002	1.066	1.128	1.191	1.253
108	V_1	0.013	0.019	0.025	0.032	0.039	0.047	0.056	0.065	0.075	0.086	0.097	0.109
	V_2	0.012	0.013	0.014	0.016	0.017	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	0.024	0.026
	F	0.653	0.716	0.779	0.842	0.905	0.968	1.030	1.093	1.156	1.219	1.282	1.345
133	V_1	0.015	0.022	0.029	0.036	0.045	0.054	0.063	0.073	0.084	0.095	0.107	0.120
	V_2	0.013	0.015	0.016	0.017	0.018	0.020	0.021	0.022	0.023	0.025	0.026	0.027
	F	0.732	0.795	0.858	0.920	0.983	1.046	1.109	1.172	1.235	1.297	1.360	1.423
159	V_1	0.018	0.025	0.033	0.041	0.050	0.060	0.070	0.081	0.093	0.105	0.118	0.132
	V_2	0.015	0.016	0.018	0.019	0.020	0.021	0.023	0.024	0.025	0.026	0.028	0.029
	F	0.814	0.877	0.939	1.002	1.065	1.128	1.191	1.253	1.316	1.379	1.442	1.505
219	V_1		0.033	0.042	0.053	0.064	0.075	0.087	0.100	0.114	0.128	0.143	0.158
	V_2		0.020	0.021	0.023	0.024	0.025	0.026	0.028	0.029	0.030	0.031	0.033
	F		1.065	1.128	1.191	1.253	1.316	1.379	1.442	1.505	1.568	1.630	1.693
273	V_1		0.039	0.051	0.063	0.075	0.089	0.103	0.117	0.132	0.148	0.165	0.182
	V_2		0.023	0.025	0.026	0.027	0.028	0.030	0.031	0.032	0.033	0.035	0.036
	F		1.235	1.297	1.360	1.423	1.486	1.549	1.612	1.674	1.737	1.800	1.853
325	V_1		0.046	0.059	0.073	0.087	0.102	0.117	0.134	0.150	0.168	0.186	0.205
	V_2		0.027	0.028	0.029	0.030	0.032	0.033	0.034	0.036	0.037	0.038	0.039
	F		1.398	1.461	1.524	1.587	1.649	1.712	1.775	1.838	1.901	1.953	2.026

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

温材料工程量

F 保护层外表面积/(m^2/m)；δ 主保温厚度/mm

150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
0.077													
0.0165													
1.105													
0.089													
0.0168													
1.124													
0.091													
0.0170													
1.137													
0.093													
0.0173													
1.156													
0.097													
0.0176													
1.178													
0.107	0.119												
0.018	0.019												
1.275	1.339												
0.113	0.125	0.138											
0.019	0.020	0.021											
1.316	1.379	0.442											
0.122	0.135	0.148	0.163										
0.027	0.028	0.029	0.031										
1.407	1.470	1.533	1.596										
0.133	0.147	0.152	0.177	0.193	0.209								
0.028	0.030	0.031	0.032	0.033	0.035								
1.486	1.549	1.612	1.674	1.737	1.8								
0.146	0.160	0.176	0.192	0.208	0.226	0.243	0.261	0.281					
0.030	0.031	0.033	0.034	0.035	0.036	0.038	0.039	0.04					
1.568	1.630	1.693	1.756	1.819	1.882	1.945	2.007	2.07					
0.174	0.191	0.208	0.226	0.244	0.263	0.283	0.321	0.342	0.364	0.386			
0.034	0.035	0.036	0.038	0.039	0.040	0.041	0.043	0.044	0.045	0.046			
1.756	1.819	1.882	1.945	2.007	2.070	2.133	2.196	2.259	2.322	2.384			
0.199	0.218	0.237	0.256	0.276	0.297	0.319	0.341	0.363	0.387	0.411	0.435	0.461	0.486
0.037	0.039	0.040	0.041	0.042	0.044	0.045	0.046	0.047	0.049	0.05	0.051	0.052	0.054
1.926	1.989	2.051	2.114	2.177	2.240	2.303	2.366	2.428	2.491	2.554	2.617	2.68	2.743
0.224	0.244	0.264	0.286	0.307	0.330	0.353	0.377	0.401	0.426	0.452	0.478	0.505	0.532
0.041	0.042	0.043	0.044	0.046	0.047	0.048	0.049	0.051	0.052	0.053	0.054	0.056	0.057
2.089	2.152	2.215	2.278	2.340	2.403	2.466	2.529	2.592	2.655	2.717	2.78	2.843	2.906

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

d /mm	V,F	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
377	V_1		0.052	0.067	0.082	0.098	0.115	0.132	0.150	0.168	0.187	0.207	0.225
	V_2		0.030	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.038	0.039	0.040	0.041	0.043
	F		1.561	1.624	1.687	1.750	1.813	1.876	1.938	2.001	2.064	2.127	2.190
426	V_1		0.059	0.075	0.092	0.109	0.127	0.146	0.165	0.185	0.206	0.227	0.249
	V_2		0.033	0.034	0.036	0.037	0.038	0.039	0.041	0.042	0.043	0.044	0.046
	F		1.715	1.778	1.841	1.904	1.967	2.029	2.092	2.155	2.218	2.281	2.344
478	V_1		0.065	0.083	0.101	0.121	0.140	0.161	0.182	0.203	0.225	0.248	0.272
	V_2		0.036	0.038	0.039	0.040	0.041	0.043	0.044	0.045	0.046	0.048	0.049
	F		1.879	1.942	2.004	2.067	2.130	2.193	2.256	2.318	2.381	2.444	2.507
529	V_1		0.072	0.091	0.111	0.132	0.153	0.175	0.198	0.221	0.245	0.269	0.294
	V_2		0.040	0.041	0.042	0.043	0.045	0.046	0.047	0.043	0.050	0.051	0.052
	F		2.039	2.102	2.165	2.227	2.290	2.353	2.416	2.479	2.342	2.604	2.667
630	V_1		0.084	0.107	0.130	0.154	0.178	0.204	0.229	0.256	0.283	0.310	0.339
	V_2		0.046	0.047	0.048	0.050	0.051	0.052	0.053	0.055	0.056	0.057	0.058
	F		2.356	2.419	2.482	2.545	2.608	2.670	2.733	2.796	2.859	2.922	2.985
720	V_1		0.096	0.121	0.147	0.174	0.201	0.229	0.258	0.287	0.317	0.347	0.378
	V_2		0.052	0.053	0.054	0.055	0.057	0.058	0.059	0.060	0.062	0.063	0.064
	F		2.639	2.702	2.765	2.827	2.890	2.953	3.016	3.079	3.142	3.204	3.267
820	V_1		0.108	0.137	0.166	0.196	0.226	0.257	0.289	0.321	0.354	0.388	0.422
	V_2		0.058	0.059	0.060	0.062	0.063	0.064	0.065	0.067	0.068	0.069	0.070
	F		2.953	3.016	3.079	3.142	3.204	3.267	3.330	3.393	3.456	3.519	3.581
920	V_1		0.121	0.152	0.185	0.213	0.251	0.286	0.320	0.356	0.392	0.429	0.466
	V_2		0.064	0.065	0.067	0.068	0.069	0.070	0.072	0.073	0.074	0.075	0.077
	F		3.267	3.330	3.393	3.456	3.519	3.581	3.644	3.707	3.770	3.833	3.896
1020	V_1		0.133	0.168	0.204	0.240	0.276	0.314	0.352	0.391	0.430	0.470	0.510
	V_2		0.070	0.072	0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	0.083
	F		3.581	3.644	3.707	3.770	3.833	3.896	3.958	4.021	4.084	4.147	4.210
1220	V_1		0.153	0.199	0.241	0.284	0.327	0.370	0.415	0.460	0.505	0.551	0.598
	V_2		0.083	0.084	0.085	0.087	0.088	0.089	0.090	0.092	0.093	0.094	0.096
	F		4.210	4.273	4.335	4.398	4.461	4.524	4.587	4.650	4.712	4.775	4.838
1420	V_1		0.183	0.231	0.279	0.328	0.377	0.427	0.478	0.529	0.581	0.633	0.686
	V_2		0.096	0.097	0.098	0.099	0.101	0.102	0.103	0.104	0.106	0.107	0.108
	F		4.838	4.901	4.964	5.027	5.089	5.152	5.215	5.278	5.341	5.404	5.456
1820	V_1		0.234	0.294	0.354	0.416	0.478	0.540	0.603	0.667	0.731	0.796	0.862
	V_2		0.121	0.122	0.123	0.124	0.126	0.127	0.128	0.128	0.131	0.132	0.133
	F		6.095	6.158	6.220	6.283	6.346	6.409	6.472	6.535	6.597	6.660	6.723
2000	V_1		0.256	0.322	0.388	0.455	0.523	0.591	0.660	0.729	0.799	0.870	0.941
	V_2		0.132	0.133	0.134	0.136	0.137	0.138	0.139	0.141	0.142	0.143	0.145
	F		6.66	6.723	6.786	6.849	6.911	6.974	7.037	7.100	7.163	7.226	7.288
平壁	V_1		0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14
	V_2		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	F												

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
0.248	0.270	0.292	0.315	0.338	0.363	0.387	0.413	0.439	0.465	0.492	0.52	0.549	0.578
0.044	0.045	0.046	0.048	0.049	0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.06
2.253	2.315	2.378	2.441	2.504	2.567	2.630	2.692	2.755	2.818	2.881	2.944	3.007	3.069
0.271	0.295	0.318	0.343	0.368	0.393	0.420	0.446	0.474	0.502	0.531	0.56	0.59	0.621
0.047	0.048	0.049	0.051	0.052	0.053	0.054	0.056	0.057	0.058	0.059	0.061	0.062	0.063
2.406	2.459	2.532	2.595	2.658	2.721	2.783	2.846	2.909	2.972	3.035	3.098	3.16	3.223
0.296	0.321	0.346	0.372	0.399	0.426	0.454	0.480	0.512	0.541	0.572	0.603	0.634	0.667
0.050	0.051	0.053	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.06	0.061	0.063	0.064	0.065	0.066
2.570	2.633	2.695	2.758	2.821	2.884	2.947	3.010	3.072	3.135	3.198	3.261	3.324	3.387
0.320	0.346	0.373	0.401	0.429	0.458	0.488	0.518	0.548	0.58	0.612	0.644	0.678	0.712
0.053	0.055	0.056	0.057	0.058	0.060	0.061	0.062	0.063	0.065	0.066	0.067	0.068	0.07
2.730	2.793	2.856	2.919	2.981	3.044	3.107	3.170	3.233	3.290	3.358	3.421	3.484	3.547
0.368	0.397	0.427	0.458	0.489	0.522	0.554	0.587	0.621	0.656	0.691	0.727	0.763	0.8
0.060	0.061	0.062	0.063	0.065	0.066	0.067	0.068	0.070	0.071	0.072	0.074	0.075	0.076
3.047	3.110	3.173	3.236	3.299	3.362	3.424	3.487	3.550	3.613	3.676	3.738	3.801	3.864
0.410	0.442	0.475	0.509	0.543	0.578	0.614	0.650	0.686	0.724	0.762	0.8	0.84	0.88
0.065	0.067	0.068	0.069	0.070	0.072	0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.08	0.082
3.330	3.393	3.456	3.519	3.581	3.644	3.707	3.770	3.033	3.896	3.958	4.021	4.084	4.147
0.457	0.493	0.528	0.565	0.603	0.641	0.680	0.719	0.759	0.799	0.84	0.882	0.925	0.968
0.072	0.073	0.074	0.075	0.077	0.078	0.079	0.080	0.082	0.083	0.084	0.085	0.087	0.088
3.644	3.707	3.770	3.833	3.896	3.958	4.021	4.084	4.147	4.210	4.273	4.335	4.398	4.461
0.504	0.543	0.582	0.622	0.663	0.704	0.746	0.788	0.831	0.875	0.919	0.964	1.009	1.056
0.078	0.079	0.080	0.082	0.083	0.084	0.085	0.087	0.088	0.089	0.09	0.092	0.093	0.094
3.958	4.021	4.084	4.147	4.210	4.273	4.335	4.398	4.461	4.524	4.587	4.65	4.712	4.475
0.551	0.593	0.636	0.679	0.722	0.767	0.811	0.857	0.903	0.950	0.997	1.046	1.094	1.144
0.084	0.085	0.087	0.088	0.089	0.090	0.092	0.093	0.094	0.096	0.097	0.098	0.099	0.1
4.273	4.335	4.398	4.461	4.524	4.587	4.650	4.712	4.775	4.838	4.901	4.964	5.027	5.089
0.646	0.694	0.742	0.792	0.842	0.892	0.943	0.995	1.048	1.101	1.155	1.209	1.264	1.319
0.097	0.098	0.099	0.101	0.102	0.102	0.104	0.106	0.107	0.108	0.109	0.11	0.122	0.113
4.901	4.964	5.027	5.089	5.152	5.215	5.278	5.341	5.404	5.456	5.529	5.592	5.655	5.718
0.740	0.794	0.849	0.905	0.961	1.018	1.075	1.133	1.192	1.252	1.312	1.372	1.434	1.495
0.109	0.111	0.112	0.113	0.114	0.116	0.117	0.118	0.119	0.121	0.122	0.123	0.125	0.126
5.529	5.592	5.655	5.718	5.781	5.843	5.906	5.949	6.032	6.095	6.158	6.220	6.283	6.346
0.928	0.995	1.063	1.131	1.200	1.269	1.339	1.410	1.481	1.553	1.626	1.699	1.773	1.847
0.134	0.136	0.137	0.138	0.139	0.141	0.142	0.143	0.145	0.146	0.147	0.148	0.15	0.151
6.786	6.849	6.911	6.974	7.037	7.100	7.163	7.226	7.288	7.351	7.414	7.477	7.54	7.603
1.013													
0.146													
7.351													
0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28
0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 25-31 辅助材料用量

项 目	规格及型号	用 量
石油沥青油毡	粉毡 350 号(GB 326—73)	1.2m²/m² 保温层
玻璃布	中碱布－120C,130A,130B	1.4m²/m² 保温层
铁皮及镀锌铁皮	0.3～0.5mm	1.2m²/m² 保温层
自攻螺钉	4×10 GB 841—66	0.72kg/100m 管长
六角镀锌铁丝网	网孔 25mm 线径 22G	1.1m²/m² 保温层
石棉水泥		0.02m³/m² 保温层
捆扎保温瓦用镀锌铁丝	18#(DN≤100mm)	1.5kg/m³ 保温层
	16#(DN=125～600mm)	2.5kg/m³ 保温层
	14#(DN>600mm)	4.5kg/m³ 保温层
捆扎棉毡用镀锌铁丝或钢带	18#(DN≤100mm)	2.0kg/m³ 保温层
	16#(DN=125～600mm)	3.3kg/m³ 保温层
	14#(DN>600mm)	6.0kg/m³ 保温层
捆扎油毡用镀锌铁丝或钢带	钢带宽 15mm	0.54kg/m² 保护层
	铁丝 18#(DN≤100mm)	0.05kg/m² 保护层
	铁丝 16#(DN=125～400mm)	0.08kg/m² 保护层
捆扎玻璃布用镀锌铁丝或钢带	钢带宽 15mm 厚 0.4mm	0.54kg/m² 保护层
	镀锌铁丝 18#	0.05kg/m² 保护层
立管托环	钢板厚 6mm(DN≤100mm)	0.7kg/m² 保温层
	钢板厚 6mm(DN=125～500mm)	2.1kg/m² 保温层
	钢板厚 6mm(DN>500mm)	2.9kg/m² 保温层
油漆(两遍)冷底子油(一遍)	表面刷调和漆	0.24kg/m² 保护层
	黑铁皮(内外表面)刷红丹漆	0.71kg/m² 保护层
	汽油	0.24kg/m² 保护层
	4 号沥青	1.0kg/m² 保护层

表 25-32 石棉水泥胶泥涂抹层厚度

管道或设备直径/mm	DN<100	100<DN<1000 及平面
涂抹厚度/mm	10	15

注：石棉胶泥常用配比有两种。第一种用于室外，其配比为：水泥 37%，乙级石棉 60%；防水粉 3%；第二种配比见下表。

使用场合	500# 水泥/kg	膨胀珍珠岩/kg	五级石棉/kg	碳酸钙/kg	容重/(kg/m³)
室内	200	192	70	100	700
室外	400	192	70	100	900

表 25-33 可拆管件保温铁皮、保护层铁皮用量（厚 0.3～0.5mm）/(m³/个)

公称直径/mm	管件名称		
	阀门	法兰	波形伸缩器
15	0.25	0.16	—
20	0.25	0.16	—
25	0.25	0.16	—
40	0.39	0.22	—
50	0.39	0.22	—
80	0.57	0.41	—
100	0.57	0.41	—
150	0.88	0.41	1.6
200	1.2	0.68	2.0
250	1.8	0.81	2.2
300	2.2	0.96	2.5
350	2.7	1.2	2.7
400	3.0	1.3	2.9
450	—	1.4	3.1
500	—	1.6	3.3

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.6 相关标准

(1) 石油化工管道伴热和夹套管 SH/T 3040—2000

(2) 石油化工仪表及管道伴热和隔热设计规范 SH 3126—2001

(3) 工业设备及管道绝热工程设计规范 GB 50264—1997

(4) 石油化工设备和管道隔热技术规范 SH 3010—2000

(5) 工业设备及管道绝热工程施工及验收规范 GB 50126—2008

附表1 环境温度 T_a、相对湿度 ψ 和露点 T_d 对照

环境温度 T_a/℃	相对湿度 ψ/%													
	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30
	露点 T_d/℃													
10	9.2	8.4	7.6	6.7	5.8	4.8	3.6	2.5	1.5	0	−1.3	−0.3	−5.0	−7.0
11	10.2	9.4	8.6	7.7	6.7	5.8	4.8	3.5	2.5	1.0	−0.5	−2.0	−4.0	−6.5
12	11.2	10.9	9.5	8.7	7.7	6.7	5.5	4.4	3.3	2.0	0.5	−1.0	−3.0	−5.0
13	12.2	11.4	10.5	9.6	8.7	7.7	6.6	5.3	4.1	2.8	1.4	−0.2	−2.0	−4.5
14	13.2	12.4	11.5	10.6	9.6	8.6	7.5	6.4	5.1	3.5	2.2	0.7	−1.0	−3.2
15	14.2	13.4	12.5	11.6	10.6	9.6	8.4	7.3	6.0	4.6	3.1	1.5	−0.3	−2.3
16	15.2	14.3	13.4	12.6	11.6	10.6	9.5	8.3	7.0	5.6	4.0	2.4	0.5	−1.3
17	16.2	15.3	14.5	13.5	12.5	11.5	10.2	9.2	8.0	6.5	5.0	3.2	1.5	−0.5
18	17.2	16.4	15.4	14.5	13.5	12.5	11.3	10.2	9.0	7.4	5.8	4.0	2.3	0.2
19	18.2	17.3	16.5	15.4	14.5	13.4	12.2	11.0	9.8	8.4	6.8	5.0	3.2	1.0
20	19.2	18.3	17.4	16.5	15.4	14.4	13.2	12.0	10.7	9.4	7.8	6.0	4.0	2.0
21	20.2	19.3	18.4	17.4	16.4	15.3	14.2	12.9	11.7	10.2	8.6	7.0	5.0	2.8
22	21.2	20.3	19.4	18.4	17.3	16.3	15.2	13.8	12.5	11.0	9.5	7.8	5.8	3.5
23	22.2	21.3	20.4	19.4	18.4	17.3	16.2	14.8	13.5	12.0	10.4	8.7	6.8	4.4
24	23.1	22.3	21.4	20.4	19.3	18.2	17.0	15.8	14.5	13.0	11.4	9.7	7.7	5.3
25	23.9	23.2	22.3	21.3	20.3	19.1	18.0	16.8	15.4	14.0	12.3	10.5	8.6	6.2
26	25.1	24.2	23.3	22.3	21.2	20.1	19.0	17.7	16.3	14.8	13.2	11.4	9.4	7.0
27	26.1	25.2	24.3	23.2	22.2	21.1	19.9	18.7	17.3	15.8	14.0	12.2	10.3	8.0
28	27.1	26.2	25.2	24.2	23.1	22.0	20.9	19.6	18.1	16.7	15.0	13.2	11.2	8.8
29	28.1	27.2	26.2	25.2	24.1	23.0	21.3	20.5	19.2	17.6	15.9	14.0	12.0	9.7
30	29.1	28.2	27.2	26.2	25.1	23.9	22.8	21.4	20.0	18.5	16.8	15.0	12.9	10.5
31	30.1	29.2	28.2	26.9	26.0	24.8	23.7	22.4	20.9	19.4	17.8	15.9	13.7	11.4
32	31.1	30.1	29.2	28.1	27.0	25.8	24.6	23.2	21.9	20.3	18.6	16.8	14.7	12.2
33	32.1	31.1	30.1	29.0	28.0	26.8	25.6	24.2	22.9	21.3	19.6	17.6	15.6	13.0
34	33.1	32.1	31.1	29.5	29.0	27.7	26.5	25.2	23.8	21.2	20.5	18.6	16.5	13.9
35	34.1	33.1	32.1	31.0	29.9	28.7	27.5	26.2	24.6	23.1	21.4	19.5	17.4	14.9
36	35.18	34.05	33.1	32.0	30.9	29.7	28.4	27.0	25.7	24.0	22.2	20.3	18.1	15.7
37	36.20	35.2	34.05	33.0	31.8	30.7	29.5	27.9	26.5	24.9	23.2	21.2	19.2	16.6
38	36.95	36.0	35.06	33.9	32.7	31.5	30.3	28.9	27.4	25.8	23.9	22.0	19.9	17.5
39		36.8	36.2	34.9	33.8	32.5	31.2	29.8	28.3	26.6	24.9	23.0	20.8	18.1
40			36.8	35.8	34.7	33.5	32.1	30.7	29.2	27.6	25.8	23.8	21.6	19.2

注：表中保冷防结露环境温度（T_a）取夏季空调室外（干球）温度；相对湿度 ψ 取最热月平均相对湿度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

附表 2 管道和平壁保温层外表面至周围空气的散热热阻 R_s /[(m²·℃)/W]

公称直径/mm	室内介质温度 T_0/℃					室外介质温度 T_0/℃				
	≤100	200	300	400	500	≤100	200	300	400	600
25	0.30	0.26	0.22	0.20	0.19	0.10	0.095	0.09	0.08	0.08
32	0.28	0.23	0.20	0.16	0.14	0.095	0.09	0.08	0.07	0.06
40	0.26	0.22	0.18	0.15	0.13	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
50	0.20	0.16	0.14	0.12	0.10	0.07	0.06	0.05	0.043	0.043
100	0.16	0.13	0.11	0.095	0.08	0.05	0.043	0.043	0.034	0.034
125	0.13	0.11	0.095	0.077	0.07	0.043	0.034	0.034	0.026	0.026
150	0.10	0.09	0.077	0.069	0.06	0.034	0.026	0.026	0.026	0.026
200	0.09	0.08	0.069	0.06	0.05	0.034	0.026	0.026	0.017	0.017
250	0.08	0.07	0.06	0.052	0.043	0.026	0.017	0.017	0.017	0.017
300	0.07	0.06	0.052	0.043	0.043	0.026	0.017	0.017	0.017	0.017
350	0.06	0.05	0.043	0.043	0.043	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
400	0.05	0.043	0.043	0.034	0.034	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
500	0.043	0.034	0.039	0.034	0.034	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
600	0.036	0.034	0.039	0.030	0.028	0.014	0.013	0.013	0.013	0.011
700	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010
800	0.029	0.028	0.025	0.024	0.023	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009
900	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0.01	0.009	0.009	0.009	0.009
1000	0.023	0.022	0.022	0.021	0.021	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008
2000	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004
平壁的散热热阻 R'_s										
平壁	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034

附表 3 每米管道的 V_f、V_w 值

公称直径 /mm	公称直径 /in	外径 D_o /mm	内径 D_i /mm	管内容积 V_f /(m³/m)	管材体积 V_w /(m³/m)	公称直径 /mm	公称直径 /in	外径 D_o /mm	内径 D_i /mm	管内容积 V_f /(m³/m)	管材体积 V_w /(m³/m)
15	—	20.0	16.0	0.00020	0.00011	100	—	108.0	100.0	0.00785	0.00131
—	$\frac{1}{2}$	21.25	15.75	0.00020	0.00015	—	4	114.0	106.0	0.00882	0.00139
25	—	32.0	28.0	0.00062	0.00019	125	—	133.0	125.0	0.01227	0.00163
—	1	33.5	27.0	0.00057	0.00031	—	5	140.0	131.0	0.01348	0.00192
32	—	40.0	35.0	0.00096	0.00030	150	—	159.0	150.0	0.01777	0.00220
—	$1\frac{1}{4}$	42.25	35.75	0.00101	0.00039	—	6	165.0	156.0	0.01910	0.00228
50	1	57.0	52.0	0.00212	0.00043	200	—	219.0	207.0	0.03370	0.00400
—	2	60.0	53.0	0.00221	0.00062	250	—	273.0	259.0	0.05280	0.00573
80	—	89.0	84.0	0.00554	0.00068	300	—	325.0	309.0	0.07500	0.00785
—	3	88.5	80.0	0.00503	0.00112						

注：$V_w=\frac{\pi}{4}H(D_o^2-D_i^2)$。$H$ 为 1m 管长。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

附表4 保温层平均温度 T_m 值 /℃

周围空气温度	介质温度									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	540
25	70	95	125	150	175	205	230	255	280	300
15	65	90	120	145	170	200	225	250	275	295
0	60	80	110	135	160	190	215	240	270	290
−15	55	75	105	130	155	185	210	235	265	285
−30	45	65	95	120	145	175	200	225	255	275

附表5 季节运行工况允许最大热损失

设备,管道及附件表面温度/℃	50	100	150	200	250	300
允许最大热损失/W·m^{-2}	116	163	203	244	279	308

附表6 常年运行工况允许最大热损失

设备、管道及附件表面温度/℃	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
允许最大热损失/W·m^{-2}	58	93	116	140	163	186	209	227	244	262	279	296	314

附表7 室内保温层通用厚度 /mm

λ	d																						
	57	76	89	108	133	159	219	273	325	377	426	478	529	630	720	820	920	1020	1220	1420	1820	2000	平壁
	t=100℃																						
0.05	30	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
0.055	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50
0.06	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0.065	40	40	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
0.07	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60
0.075	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
0.08	40	40	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	70	70
λ	t=150℃																						
0.05	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
0.055	40	50	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	70	70	70	70	60
0.06	50	50	50	50	50	60	60	60	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
0.065	50	50	50	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80
0.07	50	60	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
0.075	60	60	60	60	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90
0.08	60	60	60	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100
λ	t=200℃																						
0.05	50	50	50	50	60	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
0.055	50	60	60	60	60	60	70	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
0.06	60	60	60	60	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90
0.065	60	60	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100
0.07	60	70	70	70	70	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100
0.075	70	70	70	80	80	80	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110
0.08	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	120	120
λ	t=250℃																						
0.05	50	60	60	60	60	70	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90
0.055	60	60	60	70	70	70	80	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100
0.06	60	70	70	70	70	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100
0.065	70	70	70	80	80	80	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

λ	d																						
	57	76	89	108	133	159	219	273	325	377	426	478	529	630	720	820	920	1020	1220	1420	1820	2000	平壁
	t=250℃																						
0.07	70	70	80	80	80	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	120	120	120
0.075	70	80	80	90	90	90	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120	130	130
0.08	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140
λ	t=300℃																						
0.05	60	60	60	70	70	70	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100
0.055	60	70	70	70	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110
0.06	70	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110
0.065	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120
0.07	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130
0.075	80	90	90	90	100	100	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140
0.08	80	90	90	100	100	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150
λ	t=350℃																						
0.05	60	70	70	70	70	80	80	80	90	90	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100
0.055	70	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110
0.06	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120
0.065	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130
0.07	80	90	90	90	100	100	110	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140
0.075	90	90	90	100	100	110	110	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150	150
0.08	90	100	100	100	110	110	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160	160
λ	t=400℃																						
0.05	70	70	70	70	80	80	90	90	90	90	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	110	110	110
0.055	70	80	80	80	80	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	120	120	120
0.06	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120	130	130	130	130
0.065	80	90	90	90	100	100	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140
0.07	80	90	90	100	100	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150
0.075	90	100	100	100	110	110	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160	160
0.08	90	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	140	140	150	150	150	160	160	160	160	160	170	170
λ	t=450℃																						
0.05	70	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110
0.055	70	80	80	80	90	90	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120	120
0.06	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140
0.065	80	90	90	100	100	100	110	110	120	120	120	120	130	130	130	120	130	140	140	140	140	150	150
0.07	90	90	100	100	110	110	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160
0.075	90	100	100	110	110	120	120	130	130	130	140	140	140	150	150	150	150	150	160	160	160	170	170
0.08	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	150	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170	180	180

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

λ	d																						
	57	76	89	108	133	159	219	273	325	377	426	478	529	630	720	820	920	1020	1220	1420	1820	2000	平壁
	t=500℃																						
0.05	70	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	110	120	120
0.055	80	80	80	90	90	90	100	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130
0.06	80	90	90	90	100	100	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140
0.065	90	90	90	100	100	110	110	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150	150
0.07	90	100	100	100	110	110	120	120	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	150	160	160	160
0.075	100	100	110	110	110	120	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170
0.08	100	110	110	120	120	130	130	140	140	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170	170	180	180	180
λ	t=540℃																						
0.05	70	80	80	80	80	90	90	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120
0.055	80	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130
0.06	80	90	90	90	100	100	110	110	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140
0.065	90	90	100	100	110	110	110	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150	150	150
0.07	90	100	100	110	110	110	120	130	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160	160	160	160
0.075	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	140	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170	180	180
0.08	100	110	110	120	120	130	140	140	150	150	150	160	160	160	160	170	170	170	170	180	180	190	190
λ	t=555℃																						
0.05	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120
0.055	80	80	80	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130
0.06	80	90	90	90	100	100	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140
0.065	90	90	100	100	110	110	120	120	120	130	130	130	130	140	140	140	140	140	150	150	150	150	150
0.07	90	100	100	110	110	110	120	130	130	130	140	140	140	150	150	150	150	150	160	160	160	170	170
0.075	100	100	110	110	120	120	130	140	140	140	150	150	150	160	160	160	160	160	170	170	170	180	180
0.08	100	110	110	120	120	130	140	140	150	150	150	160	160	160	170	170	170	170	180	180	180	190	190
λ	t=570℃																						
0.05	70	80	80	80	90	90	90	100	100	100	100	110	110	110	110	110	110	120	120	120	120	120	120
0.055	80	80	90	90	90	100	100	110	110	110	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	130	130	130
0.06	80	90	90	100	100	100	110	110	120	120	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140	140
0.065	90	90	100	100	110	110	120	120	130	130	130	130	130	140	140	140	140	140	140	140	160	160	160
0.07	90	100	100	110	110	120	120	130	130	140	140	140	140	150	150	150	150	160	160	160	160	170	170
0.075	100	100	110	110	120	120	130	140	140	140	150	150	150	160	160	160	160	160	170	170	170	180	180
0.08	100	110	110	120	120	130	140	140	150	150	160	160	160	160	170	170	170	170	180	180	190	190	190

注：d—管道直径；t—管道的操作温度；λ—相应操作温度下的热导率。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

附表8 中国部分省市的环境温度、相对湿度

序号	地名	大气压力		保温				保冷		室外风速			保温	极端最高温度平均值	最大冻土深度
		冬季	夏季	常年运行	采暖运行季		防烫伤	防结露	相对湿度	W			防冻		
				T_a	T_a		T_a	T_a	ψ	冬季最多风向平均值	冬季平均	夏季平均	T_a		
				年平均温度	日平均温度		最热月平均	夏季空调	最热月平均				极低温		
		/hPa		/℃	≤5℃	≤8℃	≤8℃	/℃	/%	/(m/s)	/(m/s)	/(m/s)	/℃		/cm
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	北京	1020.4	998.6	11.4	−1.6	−0.2	25.8	33.2	78	4.8	2.8	1.9	−17.1	37.1	85
02	天津	1026.6	1004.0	12.2	−0.9	0.3	26.4	33.4	78	6.0	3.4	2.6	−11.7	37.1	69
03	河北省														
03.1	承德	989.0	962.3	8.9	−4.2	−3.0	21.4	32.3	72	4.0	1.4	1.1	−21.3	36.0	126
03.2	唐山	1023.4	1002.2	11.1	−1.5	−0.6	25.5	32.7	79	3.0	2.6	2.3	−17.8	36.3	73
03.3	石家庄	1016.9	995.6	12.9	−0.2	1.0	26.6	35.1	75	2.3	1.8	1.5	−16.6	39.2	54
04	山西省														
04.1	大同	899.2	888.6	6.5	−5.0	−3.7	21.8	30.3	66	3.5	3.0	3.4	−25.1	34.5	186
04.2	太原	932.9	919.2	9.5	−2.1	−1.2	23.5	31.2	72	3.3	2.6	2.1	−21.4	35.2	77
04.3	运城	982.1	962.8	13.6	0.3	1.7	27.3	35.5	69	5.3	2.6	3.4	−14.7	39.2	43
05	内蒙古自治区														
05.1	海拉尔	947.2	935.5	−2.1	−14.2	−12.3	19.6	28.1	71	2.4	2.6	3.2	−41.2	33.2	242
05.2	二连浩特	910.1	898.1	3.4	−9.0	−7.4	22.9	32.6	49	2.8	3.9	3.9	−33.7	37.0	337
05.3	呼和浩特	900.9	889.4	5.8	−5.9	−4.8	21.9	29.9	64	4.6	1.6	1.5	−27.0	34.1	143
06	辽宁省														
06.1	开原	1013.0	994.3	6.5	−6.9	−5.4	23.8	30.9	80	3.6	3.3	3.0	−30.3	33.5	143
06.2	沈阳	1020.8	1000.7	7.8	−5.7	−4.0	24.6	31.4	78	3.2	3.1	2.9	−26.8	34.0	118
06.3	锦州	1017.6	997.4	9.0	−3.9	−2.5	24.3	31.0	80	6.8	3.9	3.8	−21.4	31.6	113
06.4	鞍山	1117.5	997.1	8.8	−4.5	−2.9	24.8	31.2	76	4.7	3.5	3.1	−25.5	34.5	118
06.5	大连	1013.8	994.7	10.2	−1.5	−0.1	23.9	28.4	83	7.4	5.8	4.3	−16.2	31.5	93
07	吉林省														
07.1	吉林	1001.3	984.7	4.4	−9.0	−7.1	22.9	30.3	79	4.5	3.0	2.5	−35.0	33.7	190
07.2	长春	994.0	977.0	4.9	−8.0	−6.6	23.0	30.5	78	5.1	4.2	3.5	−30.2	33.8	180
07.3	通化	974.5	960.7	4.9	−7.4	−5.9	22.2	29.4	80	3.3	1.3	1.7	−32.8	32.5	133
08	黑龙江省														
08.1	齐齐哈尔	1004.6	987.7	3.2	−9.8	−8.5	22.8	30.6	73	3.0	2.8	3.2	−32.6	35.2	225
08.2	哈尔滨	1001.5	985.1	3.6	−9.5	−7.6	22.8	30.3	77	4.7	3.8	3.5	−33.4	34.2	205
08.3	牡丹江	992.1	978.7	3.5	−9.1	−7.5	22.0	30.3	76	2.5	2.3	2.1	−33.1	34.3	191
09	上海	1025.1	1005.3	15.7	4.1	5.3	27.8	34.0	83	3.8	3.1	3.2	−6.7	36.6	8

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	地名	大气压力		保温				保冷		室外风速			保温防冻	极端最高温度平均值	最大冻土深度
		冬季	夏季	常年运行	采暖运行季		防烫伤	防结露	相对湿度	W					
				T_a	T_a		T_a	T_a	ψ	冬季最多风向平均值	冬季平均	夏季平均	T_a		
				年平均温度	日平均温度		最热月平均	夏季空调	最热月平均				极低温		
		/hPa		/℃	≤5℃	≤8℃	≤8℃	/℃	/%	/(m/s)	/(m/s)	/(m/s)	/℃		/cm
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	江苏省														
10.1	连云港	1023.3	1005.0	14.0	1.8	2.6	26.8	38.5	81	4.9	3.0	−3.0	−12.3	36.9	25
10.2	南通	1025.4	1005.1	15.0	3.4	4.5	27.3	33.0	86	38	3.3	3.1	−7.5	35.5	12
10.3	南京	1026.2	1004.0	15.3	3.2	4.3	28.0	35.0	81	3.8	2.6	2.6	−8.6	37.4	9
11	浙江省														
11.1	杭州	1020.9	1000.5	16.2	4.2	5.4	28.6	35.7	80	3.6	2.3	2.2	−6.0	37.8	—
11.2	衢州	1017.1	997.9	17.3	5.0	6.2	29.1	35.8	76	4.3	3.0	2.5	−5.5	37.6	—
11.3	温州	1023.3	1005.5	17.9	—	7.4	27.9	32.8	84	3.1	2.2	8.1	−2.4	36.4	—
12	安徽省														
12.1	合肥	1022.3	1000.9	15.7	3.1	4.3	28.3	35.0	81	3.5	2.5	2.6	−9.4	37.6	11
12.2	芜湖	1023.9	1002.8	16.0	3.5	4.9	28.7	35.0	80	3.1	2.4	2.3	−7.8	37.4	—
13	福建省														
13.1	福州	1012.6	996.4	19.6	—	—	28.8	35.2	78	3.7	2.7	2.9	0.9	37.7	—
13.2	厦门	1013.8	999.1	20.9	—	—	28.4	33.4	81	4.2	3.5	3.0	4.1	36.4	—
14	江西省														
14.1	九江	1021.9	1000.9	17.0	4.4	5.6	29.4	36.4	76	4.4	3.0	2.4	−5.6	38.2	—
14.2	南昌	1018.8	999.1	17.5	5.0	6.1	29.6	35.6	75	5.4	3.8	2.7	−5.0	38.1	—
14.3	赣州	1008.3	990.9	19.4	—	7.7	29.5	35.4	70	2.7	2.1	2.0	−2.5	38.2	—
15	山东省														
15.1	烟台	1021.0	1001.0	12.4	0.3	1.5	25.2	30.7	80	4.2	3.3	4.8	−10.4	35.2	43
15.2	济南	1020.2	998.5	14.2	0.9	1.8	27.4	34.8	73	4.3	3.2	2.8	−13.7	38.6	41
15.3	青岛	1016.9	997.2	12.2	0.9	2.2	25.1	29.0	85	6.5	5.7	4.9	−10.2	32.6	49
16	河南省														
16.1	新乡	1017.6	996.0	14.0	1.3	2.4	27.1	35.1	78	4.9	2.7	2.3	−12.4	39.0	28
16.2	郑州	1012.8	991.7	14.2	1.6	2.6	27.3	35.6	76	4.3	3.4	2.6	−12.5	39.7	27
16.3	南阳	1010.7	989.6	14.9	2.4	3.4	27.4	35.2	80	4.2	2.6	2.4	−10.4	38.6	12
17	湖北省														
17.1	宜昌	1010.0	989.1	16.8	4.7	6.1	28.2	35.8	80	2.6	1.6	1.7	−4.3	38.6	—
17.2	武汉	1023.3	1001.7	16.3	3.7	5.0	28.8	35.2	79	4.2	2.7	2.6	−9.1	37.4	10
17.3	黄石	1023.0	1002.2	17.0	4.1	5.7	29.2	35.7	78	3.3	2.1	2.2	−6.4	33.3	6

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	地名	大气压力		保温				保冷		室外风速			保温	极端最高温度平均值	最大冻土深度
		冬季	夏季	常年运行	采暖运行季		防烫伤	防结露	相对湿度	W			防冻		
				T_a	T_a		T_a	T_a	ϕ	冬季最多风向平均值	冬季平均	夏季平均	T_a		
				年平均温度	日平均温度		最热月平均	夏季空调	最热月平均				极低温		
		/hPa		/℃	≤5℃	≤8℃	≤8℃	/℃	/%	/(m/s)	/(m/s)	/(m/s)	/℃		/cm
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
18	湖南省														
18.1	岳阳	1015.7	998.2	17.0	4.5	5.8	29.2	34.1	75	3.1	2.8	3.1	−6.0	36.6	—
18.2	长沙	1019.9	999.4	17.2	4.6	5.8	29.3	35.8	75	3.7	2.8	2.6	−5.4	38.2	5
18.3	衡阳	1012.4	992.8	17.9	5.0	6.4	29.8	36.0	71	2.9	1.7	2.3	−3.8	38.8	—
19	广东省														
19.1	韶关	1013.8	997.1	20.3	—	—	29.1	35.4	75	3.1	1.8	1.5	−1.2	38.3	—
19.2	广州	1019.5	1004.5	21.8	—	—	28.4	33.5	83	3.5	2.4	1.8	1.9	36.3	—
19.3	海口	1016.0	1002.4	23.8	—	—	28.4	34.5	83	3.6	3.4	2.8	7.0	36.4	—
20	广西壮族自治区														
20.1	桂林	1002.9	986.1	18.8	—	7.9	28.3	33.9	78	4.4	3.2	1.5	−1.8	37.0	—
20.2	梧州	1006.7	991.4	21.1	—	—	28.3	34.7	80	2.1	1.7	1.5	0.6	37.6	—
20.3	北海	1017.1	1002.4	22.6	—	—	28.7	32.1	83	4.8	3.6	2.8	4.3	34.9	—
21	四川省														
21.1	广元	965.3	949.2	16.1	4.9	6.2	26.1	33.3	76	3.2	1.7	1.4	−5.0	36.5	—
21.2	成都	963.2	947.7	16.2	—	6.5	25.6	31.6	85	1.8	0.9	1.1	−3.1	34.7	—
21.3	重庆	991.2	973.2	18.3	—	7.5	23.6	36.5	75	2.2	1.2	1.4	0.2	39.1	—
21.4	西昌	838.2	834.3	17.0	—	—	22.6	30.2	75	3.3	1.7	1.2	−2.0	33.8	—
22	贵州省														
22.1	遵义	923.5	911.5	15.2	4.4	5.7	25.3	31.7	77	2.4	1.0	1.1	−4.3	35.3	—
22.2	贵阳	897.5	887.0	15.3	4.9	6.2	24.0	30.0	77	2.6	2.2	2.0	−4.6	33.2	—
22.3	兴仁	864.0	857.2	15.2	4.9	6.8	22.1	28.6	82	2.5	2.1	1.7	−3.7	31.9	—
23	云南省														
23.1	腾冲	836.7	831.3	14.8	—	7.7	19.8	25.4	90	2.9	1.6	1.6	−2.8	29.2	—
23.2	昆明	811.5	808.0	14.7	—	7.7	10.8	25.8	83	4.3	2.5	1.8	−2.9	29.5	—
24	西藏自治区														
24.1	拉萨	650.0	652.3	7.5	0.7	1.8	15.1	22.8	54	2.4	2.2	1.8	−14.8	26.0	26
24.2	日喀则	651.0	638.3	6.3	−0.4	0.9	14.1	22.2	53	4.8	1.9	1.5	−19.0	26.0	67
25	陕西省														
25.1	榆林	902.0	889.6	8.1	−4.5	−3.1	23.4	31.6	62	3.0	1.8	2.5	−25.0	35.5	148

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	地名	大气压力		保温				保冷		室外风速			保温	极端最高温度平均值	最大冻土深度
		冬季	夏季	常年运行	采暖运行季		防烫伤	防结露	相对湿度	W			防冻		
				T_a	T_a		T_a	T_a	ψ	冬季最多风向平均值	冬季平均	夏季平均	T_a		
				年平均温度	日平均温度		最热月平均	夏季空调	最热月平均				极低温		
		/hPa		/℃	≤5℃	≤8℃	≤8℃	/℃	/%	/(m/s)	/(m/s)	/(m/s)	/℃		/cm
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
25.2	西安	978.7	959.2	13.3	1.0	2.1	26.6	35.2	72	2.7	1.0	2.2	−11.8	39.4	15
25.3	汉中	964.1	947.4	14.3	3.2	4.2	25.6	32.4	81	3.2	0.9	1.1	−6.7	35.9	—
26	甘肃省														
26.1	敦煌	893.3	879.6	9.3	−3.8	−2.6	24.7	34.1	48	4.0	2.1	2.2	−22.9	38.6	144
26.2	兰州	851.4	843.1	9.1	−2.5	−1.1	22.2	30.5	61	2.2	0.5	1.3	−18.0	35.2	103
26.3	天水	892.0	880.7	10.7	0.0	1.3	22.6	30.3	72	2.7	1.3	1.2	−13.4	34.1	61
27	青海省														
27.1	西宁	775.1	773.5	5.7	−3.2	−1.6	17.2	25.9	65	4.3	1.7	1.9	−20.5	30.6	134
27.2	格尔木	723.5	724.0	4.2	−4.6	−3.4	17.6	26.6	36	2.7	2.6	3.5	−25.7	31.4	88
27.3	玉树	647.0	651.0	2.9	−3.2	−1.0	12.5	21.5	69	4.0	1.2	0.9	−23.4	25.6	103
28	宁夏回族自治区														
28.1	银川	895.7	883.5	8.5	−3.4	−2.1	23.4	30.6	64	2.2	1.7	1.7	−22.5	35.1	103
28.2	盐池	869.2	859.9	7.7	−3.9	−2.4	22.3	31.1	57	5.3	2.7	2.7	−25.5	35.1	128
28.3	固原	826.5	821.1	6.2	−3.3	−2.0	18.9	27.2	71	4.1	2.8	2.7	−23.1	31.1	114
29	新疆维吾尔自治区														
29.1	克拉玛依	980.6	958.9	8.0	−8.8	−6.5	27.4	34.9	32	3.8	1.5	5.1	−30.0	40.4	197
29.2	乌鲁木齐	919.9	906.7	5.7	−8.5	−7.3	23.5	34.1	44	2.5	1.7	3.1	−29.7	38.4	133
29.3	吐鲁番	1028.4	997.7	13.9	−4.2	−2.6	32.7	40.7	31	2.2	1.0	2.3	−20.1	45.5	83
29.4	哈密	939.7	921.1	9.8	−5.6	3.9	27.2	35.8	34	2.4	2.3	3.1	−24.7	40.8	127
29.5	和田	867.1	856.5	12.2	−1.8	−0.4	25.5	34.2	40	2.2	1.6	2.3	−16.3	38.5	67
30	台湾省														
30.1	台北	1019.7	1005.3	22.1	—	—	28.6	33.6	77	—	3.7	2.8	4.8	36.9	—
31	香港	1019.5	1005.6	22.8	—	—	28.6	32.4	81	3.7	6.5	5.3	5.6	34.4	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

附图 保温厚度选用列线图（按经济保温厚度计算方法绘制）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

参考文献

[1] 华绍曾，杨学宁等编译. 实用流体阻力手册. 北京：国防工业出版社，1985.

[2] 化学工业部化工工艺配管设计技术中心站. 化工管路手册. 北京：化学工业出版社，1985.

[3] 时均，汪家鼎，余国琮，陈敏恒主编. 化学工程手册. 第二版. 北京：化学工业出版社，1996.

[4] 化学工业部. 化工装置工艺系统工程设计规定. 北京：化学工业部，1996.

[5] 陈敏恒，丛德滋，方图南编. 化工原理. 北京：化学工业出版社，1985.

[6] 卢永铭等译. 真空手册. 北京：原子能出版社，1986.

[7] Chisholm D. Two-phase flow in pipelines and heat exchangers, 1983.

[8] Ernest E. Ludwig Applied Process design for chemical and petrochemical plants Vol1 second edition, 1977.

[9] 李景田等. 管道与设备保温. 北京：中国建筑工业出版社，1984.

[10] 贾其森等. 绝热工程应用技术. 北京：国家建筑材料工业局标准化研究所出版，1990.

[11] 周新南. 绝热工程中热保温计算浅析. 医药工程设计 1995.3.

[12] 石油化工压力管道设计审批人员考核教材 中石化配管设计技术中心站 1998.

[13] 工业设备与管道绝热工程施工及验收规范 GB J 126—1989.

[14] 工业设备及管道绝热工程设计规范 GB 50264—1997.

[15] 石油化工设备和管道隔热技术规范 SH 3010—2000.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第 4 篇

配管设计

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第26章　管道布置和设计

1　管道设计基础

自 1996 年 4 月原国家劳动部颁布《压力管道安全管理与监察规定》后，压力管道的安全问题已引起各方面的重视。由于压力管道分布极广，而管道又是工程的主体，为了保证管道的安全运行，必须在设计、制造、安装、检验、生产等各个环节进行严格管理，其中首先应在设计上引起足够重视。

1.1　压力管道定义

压力管道是从安全角度来讲的，并不是简单意义上的受压管道。如蒸汽管道，有毒、易燃、易爆介质的管道，煤气、天然气管道，长输石油管道、天然气管道，管内气（汽）体压力达 0.1MPa 的管道等，都是压力管道。中华人民共和国国务院《特种设备安全监察条例》中明确规定：压力管道，是指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或等于 0.1MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易燃、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25mm 的管道。可见压力管道的分布极为广泛，若管理不善，极易发生事故而造成人身伤亡和经济损失，故压力管道已与锅炉压力容器并列为特种设备，实行国家安全监察。

1.2　压力管道设计类别、级别的划分

根据国家质量监督检验检疫总局 2008 年制定的《压力容器压力管道设计许可规则》（TSG R1001—2008），将压力管道划分为四类九级。

(1) GA 类（长输管道）

长输（油气）管道是指产地、储存库、使用单位之间的用于输送商品介质的管道，划分为 GA1 级和 GA2 级。

① GA1 级　符合下列条件之一的长输管道为 GA1 级：

a. 输送有毒、可燃、易爆气体介质，最高工作压力大于 4.0MPa 的长输管道；

b. 输送有毒、可燃、易爆液体介质，最高工作压力大于或者等于 6.4MPa，并且输送距离（指产地、储存地、用户间的用于输送商品介质管道的长度）大于或者等于 200km 的长输管道。

② GA2 级　GA1 级以外的长输（油气）管道为 GA2 级。

(2) GB 类（公用管道）

公用管道是指城市或乡镇范围内的用于公用事业或民用的燃气管道和热力管道，划分为 GB1 级和 GB2 级。

① GB1 级　城镇燃气管道。

② GB2 级　城镇热力管道。

(3) GC 类（工业管道）

工业管道是指企业、事业单位所属的用于输送工艺介质的工艺管道、公用工程管道及其他辅助管道，划分为 GC1 级、GC2 级、GC3 级。

① GC1 级　符合下列条件之一的工业管道为 GC1 级：

a. 输送 GB 5044—85《职业接触毒物危害程度分级》中规定的毒性程度为极度危害介质、高度危害气体介质和工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质的管道；

b. 输送 GB 50160—1992《石油化工企业设计防火规范》及 GB 50016—2006《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体（包括液化烃），并且设计压力大于或者等于 4.0MPa 的管道；

c. 输送流体介质并且设计压力大于或者等于 10.0MPa，或者设计压力大于或者等于 4.0MPa，并且设计温度大于或者等于 400℃的管道。

② GC2 级　除 GC3 级管道外，介质毒性危害程度、火灾危险性（可燃性）、设计压力和设计温度低于 GC1 级的管道。

③ GC3 级　输送无毒、非可燃流体介质，设计压力小于或者等于 1.0MPa，并且设计温度高于 −20℃但是不高于 185℃的管道。

(4) GD 类（动力管道）

火力发电厂用于输送蒸汽、汽水两相介质的管道，划分为 GD1 级、GD2 级。

① GD1 级　设计压力大于等于 6.3MPa，或者设计温度大于等于 400℃的管道。

② GD2 级　设计压力小于 6.3MPa，且设计温

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

度小于400℃的管道。

1.3 压力管道检验

《压力容器压力管道设计许可规则》(TSG R1001—2008)属管理性规定，不涉及具体技术。压力管道设计、施工、检验方面的具体技术要求仍按相关技术标准。常用的施工及验收规范有GB 50235—1997《工业金属管道工程施工及验收规范》、SH 3501—2002《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》、HG 20225—1995《化工金属管道工程施工及验收规范》；石化行业通常采用SH 3501—2002，由于该规范只覆盖可燃性和有毒介质，故输送非可燃性和无毒介质的管道可采用GB 50235—1997或HG 20225—1995；化工行业通常只采用HG 20225—1995，若管道特性超出上述两个规定的范围，则采用GB 50235—1997。

考虑到四类(GA、GB、GC、GD)压力管道在石化行业及化工行业中以GC类(工业管道)为主，故特编制GC类压力管道对照(详见表26-1)，供设计时参考。

1.4 常用标准规范

(1) GB 50160—1992 石油化工企业设计防火规范(1999年局部修订条文)

(2) GB 50058—1992 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范

(3) GB 50251—2003 输气管道工程设计规范

(4) GB 50041—2008 锅炉房设计规范

(5) GB 5044—1985 职业接触性毒物危害程度分级

(6) GB 50030—1991 氧气站设计规范

(7) GB 50253—2003 输油管道工程设计规范

(8) GB 50316—2000 工业金属管道设计规范

(9) GB 50074—2002 石油库设计规范

(10) HG/T 20549.5—1998 化工装置管道布置设计规定

(11) GB/T 50265—1997 泵站设计规范

(12) HG 20667—2005 化工建设项目环境保护设计规定

(13) HG 20695—1987 化工管道设计规范(原HGJ 8)

(14) HG 20519—1992 化工工艺设计施工图内容和深度统一规定

(15) HG 20559—1993 化工装置工艺系统工程设计规定(三)

(16) SH 3009—2005 石油化工企业燃气系统和可燃气体排放系统设计规范

(17) HG 20560—1997 化工工艺防静电设计导则

(18) HG 20571—1995 化工企业安全卫生设计规定

(19) SH 3054—2005 石油化工企业厂区管线综合设计规范

(20) SH 3012—2000 石油化工企业管道布置设计通则

(21) SH 3039—2003 石油化工企业非埋地管道抗震设计通则

(22) SH 3040—2002 石油化工企业蒸汽伴管及夹套管设计规范

(23) SH 3041—2002 石油化工企业管道柔性设计规范

(24) GB 50028—2006 城镇燃气设计规范

(25) SH 3073—2004 石油化工企业管道设计支吊架设计规范

(26) SH 3043—2003 石油化工企业设备管道表面色和标志

(27) HG/T 20675—1990 化工企业静电接地设计规程

(28) SH 3010—2000 石油化工企业设备和管道隔热技术规范

(29) GB 50264—1997 工艺设备及管道隔热工程设计规范

(30) SH 3022—1999 石油化工企业设备与管道涂料防腐蚀设计与施工规范

(31) GB/T 17116.1～3—1997 管道支吊架

(32) HG 21547—1993 管道用钢制插板、垫环、8字盲板

(33) GB 7231—2003，工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识

(34) GB 50030—1991 氧气站设计规范

(35) GB 50031—1991 乙炔站设计规范

(36) GB 50072—2001 冷库设计规范

(37) SH 3405—1996 石油化工企业钢管尺寸系列

(38) HG/T 20553—1993 化工配管用无缝及焊接钢管尺寸选用系列

(39) HG/T 20537.3—1992 化工装置用不锈钢焊接钢管技术要求

(40) HG/T 20537.4—1992 化工装置用不锈钢大口径焊接钢管技术要求

(41) GB 8163—1999 输送流体用无缝钢管

(42) GB/T 14976—2002 流体输送用不锈钢无缝钢管

(43) GB 12771—2000 流体输送用不锈钢焊接钢管

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-1　GC 类压力管道的分类分级对照

国家质量技术监督局关于压力管道类别的划分				对应于 SH 3501《石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范》的分级		对应于 HG 20225《化工金属管道工程施工及验收规范》的分类
分类	分级		代号			
工业管道 GC 类	GC 1 级	(1)输送 GB 5044《职业性接触毒物危害程度分级》中规定的毒性程度为极度危害介质、高度危害气体介质和工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质的管道	GC1(1)	SHA		A
		(2)输送 GB 50160《石油化工企业设计防火规范》及 GB 50016《建筑设计防火规范》中规定的火灾危险性为甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体(包括液化烃)介质、并且设计压力 p 大于等于 4.0MPa 的管道	GC1(2)	$p\geqslant 10.0$MPa	SHA	B
				10.0MPa$>p\geqslant$4.0MPa	SHB Ⅰ	
		(3)输送流体介质并且设计压力大于或者等于 10.0MPa，或者设计压力 p 大于或者等于 4.0MPa、并且设计温度大于或等于 400℃的管道	GC1(3)	$p\geqslant 10.0$MPa 可燃、有毒介质	SHA	B
				10.0MPa$>p\geqslant$4.0MPa，$乙_A$类液体、高度危害介质	SHB Ⅰ	
				10.0MPa$>p\geqslant$4.0MPa，$乙_B$类液体、丙类液体	SHB Ⅱ	
						$p\geqslant 10.0$MPa 非可燃、无毒介质 C
	GC 2 级	除 GC3 级管道外，介质毒性危害程度、火灾危险性(可燃性)、设计压力和设计温度低于 GC1 级的管道	GC2	$p<4.0$MPa 甲、乙类可燃气体或甲类可燃液体	SHB Ⅰ	B
				$T\geqslant 400$℃，$p<4.0$MPa，$乙_A$类液体、高度危害介质	SHB Ⅰ	B
				$p<4.0$MPa，$乙_B$类液体、丙类液体	SHB Ⅱ	
						1.0MPa$<p<$10.0MPa，非可燃、无毒介质 C
	GC 3 级	输送无毒、非可燃流体介质、设计压力小于或低于 1.0MPa，并且设计温度高于 −20℃但是不高于 185℃的管道	GC3			D

(44) GB/T 3091—2001　低压流体输送用焊接钢管

(45) GB 3087—1999　低中压锅炉用无缝钢管

(46) GB 5310—1995　高压锅炉用无缝钢管

(47) GB 6479—2000　高压化肥设备用无缝钢管

(48) GB 9948—2006　石油裂化用无缝钢管

(49) GB/T 13793—1992　直缝电焊钢管

(50) GB 13296—2007　锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(51) GB 12459—2005 钢制对焊无缝管件

(52) GB/T 14383—1993 锻钢制承插焊管件

(53) GB/T 14626—1993 锻钢制螺纹管件

(54) HG/T 21632—1990 锻钢制承插焊、螺纹和对焊接管台

(55) HG/T 21634—1988 锻钢承插焊管件

(56) HG/T 21635—1987 碳钢、低合金钢无缝对焊管件

(57) HG/T 21631—1990 钢制有缝对焊管件

(58) GB/T 13401—2005 钢板制对焊管件

(59) GB/T 17185—1997 钢制法兰管件

(60) SH 3401～3404、SH 3406—1996 石油化工钢制法兰、垫片、紧固件

(61) SH 3407—1996 管法兰用缠绕式垫片

(62) SH 3408—1996 钢制对焊无缝管件

(63) SH 3409—1996 钢板制对焊管件

(64) SH 3410—1996 锻钢制承插焊管件

(65) GB 50235--1997 工业金属管道工程施工及验收规范及条文说明

(66) GB 50236—1998 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

(67) SH 3501—2002 石油化工剧毒、可燃介质管道工程施工及验收规范

(68) HG 20225—1995 化工金属管道工程施工及验收规范

(69) GB 12221—2005 金属阀门 结构长度

(70) GB 12224—1989 钢制阀门 一般要求

(71) GB 12225～12230—1989 通用阀门 材质技术条件

(72) GB/T 13927—1992 通用阀门压力试验

(73) ZBJ 16006—1990 阀门的试验与检验

(74) SH 3064—2003 石油化工钢制通用阀门选用、检验及验收

1.5 特殊说明

为了选材的正确与统一，在基础设计（初步设计）阶段应编制管道材料等级表，对选材要求、采用标准、管道壁厚等予以明确规定（详见本章第8节）。以下第1.7～1.13条内容可供尚未具有管道材料等级表时选材的参考。由于我国的历史原因，目前管道外径存在着两种系列：国际通用系列（HG/T 20553 A系列和SH/T 3405）及国内沿用系列（HG/T 20553 B系列），其中国内沿用系列将被淘汰，设计时应尽可能采用A系列。从公称压力及管法兰，阀门来讲又有欧洲系列（*PN*0.25、0.6、1.0、1.6、2.5、4.0MPa等）以及美洲系列（*PN*2.0、5.0、11.0、15.0、26.0、42.0MPa即class 150、300、600、900、1500、2500）之分。这两个系列的法兰、阀门不能互换，因此，除了已注明体系外，凡未注明体系的表格，在参用时应特别注意，以免出错。

1.6 钢管壁厚

1.6.1 钢管壁厚表示方法

钢管壁厚的表示方法不同标准中各不相同，但主要有三种。

(1) 以管子表号表示壁厚

ASME B36.10M《焊接和无缝钢管》规定的以管子表号“Sch.”表示。管子表号是管子设计压力与设计温度下材料许用应力的比值乘以1000，并经圆整后的数值。即

$$\text{Sch.} = \frac{p}{[\sigma]^t} \times 1000 \qquad (26\text{-}1)$$

此公式是用于编制钢管规格系列。

ASME B36.10M和JIS标准中，管子表号有：Sch.10、20、30、40、60、80、100、120、140、160。

ANSI/ASME B36.19M中不锈钢管管子表号为5S、10S、40S、80S。

化工行业标准HG 20553及石化标准SH 3405也采用Sch.号表示钢管壁厚系列。

(2) 以管子质量表示管壁厚度

美国MSS和ANSI也规定了以管子质量表示壁厚的方法，将管子壁厚分为三种。

① 标准质量管，以STD表示。

② 加厚管，以XS表示。

③ 特厚管，以XXS表示。

对于$DN \leqslant 250$mm的管子，Sch.40相当于STD；对于$DN < 200$mm的管子，Sch.80相当于XS。

(3) 以钢管壁厚尺寸表示壁厚

中国、ISO和日本部分钢管标准采用壁厚尺寸表示钢管壁厚。

(4) 以压力等级表示壁厚、螺纹、管件、承插管件的压力等级和配用钢管壁厚等级对应关系（见表26-2）

1.6.2 常用公称压力下管道壁厚选用（见表26-3～表26-5）

表26-2 压力等级和壁厚等级对照

压力等级代号(lb)		管子壁厚等级	
螺纹管件	承插管件		
2000	3000	Sch.80	XS
3000	6000	Sch.160	—
6000	9000	—	XXS

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-3　无缝碳钢和合金钢管壁厚　/mm

材　料	PN /MPa	DN																			
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
20 12CrMo 15CrMo 12Cr1MoV	≤1.6	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4	4.5	5	6	7	7	8	8	8	9
	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4	4.5	5	6	7	7	8	8	9	10
	4.0	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5.5	7	8	9	10	11	12	13	15
	6.4	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	14	16	17	19	22
	10.0	3	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	6	7	8	9	10	13	15	18	20	22			
	16.0	4	4.5	5	5	6	6	7	8	9	11	13	15	19	24	26	30	34			
	20.0	4	4.5	5	6	6	7	8	9	11	13	15	18	22	28	32	36				
	4.0T	3.5	4	4	4.5	5	5	5.5													
10 Cr5Mo	≤1.6	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4	4	4.5	5.5	7	7	8	8	8	8	9
	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	4	5	4.5	5.5	7	7	8	9	9	10	12
	4.0	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	8	9	10	11	12	14	15	18
	6.4	3	3	3	3.5	4	4	4.5	5	6	7	8	9	11	13	14	16	18	20	22	26
	10.0	3	3.5	4	4	4.5	5	5.5	7	8	9	10	12	15	18	22	24	26			
	16.0	4	4.5	5	5	6	7	8	9	10	12	15	18	22	28	32	36	40			
	20.0	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	15	18	22	26	34	38					
	4.0T	3.5	4	4	4.5	5	5	5.5													
16Mn 15MnV	≤1.6	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6	6	6	7
	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	7	8	9
	4.0	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	8	9	10	11	12
	6.4	2.5	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	18
	10.0	3	3	3.5	3.5	4	4	4.5	5	6	7	8	9	11	13	15	17	19			
	16.0	3.5	3.5	4	4.5	5	5	6	7	8	9	11	12	16	19	22	25	28			
	20.0	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7	8	9	11	13	15	19	24	26	30				

表 26-4　无缝不锈钢管壁厚　/mm

材　料	PN /MPa	DN																			
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
1Cr18Ni9Ti 含 Mo 不锈钢	≤1.0	2	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4.5			
	1.6	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	5			
	2.5	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3.5	3.5	4	4.5	5	6	6	7			
	4.0	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	9	10			
	6.4	2.5	2.5	2.5	3	3	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	10	11	13	14			
	4.0T	3	3.5	3.5	4	4	4	4.5													

表 26-5　焊接钢管壁厚　/mm

材　料	PN /MPa	DN															
		200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
焊接碳钢管 (Q235A、20)	0.25	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7
	0.6	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	10
	1.0	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11	12	
	1.6	6	6	7	7	8	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
	2.5	7	8	9	9	10	11	12	13	15	16						

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

材料	PN /MPa	DN															
		200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600
焊接不锈钢管	0.25	3	3	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5				
	0.6	3	3	3.5	3.5	3.5	4	4	4.5	5	5	6	6				
	1.0	3.5	3.5	4	4.5	4.5	5	5.5	6	7	7	8					
	1.6	4	4.5	5	6	6	7	7	8	9	10						
	2.5	5	6	7	8	9	9	10	12	13	15						

注：1. 表中“4.0T”表示外径加工螺纹的管道，适用于 $PN \leqslant 4.0$ 的阀件连接。

2. $DN \geqslant 25$ 的“大腐蚀余量”的碳钢管的壁厚应按表中数值再增加 3mm。

3. 本表数据按承受内压计算。

4. 计算中采用以下许用应力值

20、12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV 无缝钢管取 120.0MPa；

10、Cr5Mo 无缝钢管取 100.0MPa；

16Mn、15MnV 无缝碳钢管取 150.0MPa；

无缝不锈钢管及焊接钢管取 120.0MPa。

5. 焊接钢管采用螺旋缝电焊钢管时，最小厚度为 6mm，系列应按产品标准。

1.7 阀门型式选用（见表 26-6）

表 26-6 阀门型式

流体名称	管道材料	操作压力 /MPa	连接方式	阀门型式		推荐阀门型号	保温方式
				支管	主管		
上水	焊接钢管	0.1～0.4	≤2″，螺纹连接；≥2½″，法兰连接	≤2″，球阀；≥2½″，蝶阀	蝶阀	Q11F-1.6C DTD71F-1.6C	
清下水	焊接钢管	0.1～0.3			闸阀	Q41F-1.6C	
生产污水	焊接钢管，铸铁管	常压	承插，法兰，焊接			根据污水性质定	
热水	焊接钢管	0.1～0.3	法兰，焊接，螺纹	球阀	球阀	Q11F-1.6 Q41F-1.6	岩棉、矿物棉、硅酸铝纤维玻璃棉
热回水	焊接钢管	0.1～0.3					
自来水	镀锌焊接钢管	0.1～0.3	螺纹				
冷凝水	焊接钢管	0.1～0.8	法兰，焊接	截止阀 柱塞阀		J41T-1.6 U41S-1.6C	
蒸馏水	无毒 PVC、PE、ABS 管，玻璃管，不锈钢管（有保温要求）	0.1～0.8	法兰，卡箍	球阀		Q41F-1.6C	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

流体名称	管道材料	操作压力/MPa	连接方式	阀门型式		推荐阀门型号	保温方式
				支管	主管		
蒸汽	3″以下，焊接钢管；3″以上，无缝钢管	0.1～0.2	法兰，焊接	柱塞阀	柱塞阀	U41S-1.6(C)	岩棉、矿物棉、硅酸铝纤维玻璃棉
	3″以下，焊接钢管；3″以上，无缝钢管	0.1～0.4	法兰，焊接				
	3″以下，焊接钢管；3″以上，无缝钢管	0.1～0.6	法兰，焊接				
压缩空气	＜1.0MPa 焊接钢管；＞1.0MPa 无缝钢管	0.1～1.5	法兰，焊接	球阀	球阀	Q41F-1.6C	
惰性气体	焊接钢管	0.1～1.0	法兰，焊接				
真空	无缝钢管或硬聚氯乙烯管	真空	法兰，焊接				
排气		常压	法兰，焊接				
盐水	无缝钢管	0.3～0.5	法兰，焊接				软木、矿渣棉、泡沫聚苯乙烯、聚氨酯
回盐水		0.3～0.5	法兰，焊接				
酸性下水	陶瓷管、衬胶管、硬聚氯乙烯管	常压	承插，法兰			PVC、衬胶	
碱性下水	无缝钢管	常压	法兰、焊接			Q41F-1.6C	
生产物料	按生产性质选择管材	≤42.0	承插、焊接、法兰				
气体(暂时通过)	橡胶管	＜1.0					
液体(暂时通过)	橡胶管	＜0.25					

注：1. “焊接钢管”系 GB/T 3091—2001《低压流体输送用焊接钢管》的简称。

2. 截止阀将逐步由球阀取代。操作温度在 100℃以下的蒸馏水、盐水（回盐水）及碱液尽量选用 Q11F-1.6 或 Q41F-1.6，蒸汽尽量选用 U41S-1.6（C）。

3. GB/T 3091—2001《制剂专业用的真空、压缩空气、排气及惰性气体采用镀锌焊接钢管》。

4. 此表主要适用于医药及小型精细化工项目。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.8 法兰型式选用（见表 26-7）

表 26-7 法兰型式选用（欧洲体系）

介质或用途	管道的公称压力/MPa	法兰的公称压力/MPa	法兰型式	密封面代号	管法兰标准号	法兰盖标准号
水、空气、$PN\leqslant 0.3$MPa 低压蒸汽等公用工程	≤0.6 1.0	0.6 1.0	板式平焊法兰	RF	HG 20593	HG 20601
真空	绝压>8kPa（>60mmHg）	1.0	带颈平焊法兰	RF	HG 20594	HG 20601
	绝压 0.1～8kPa（1～60mmHg）	1.6	带颈平焊法兰	RF	HG 20594	HG 20601
工艺介质、蒸汽	≤1.0 1.6 2.5	1.0 1.6 2.5	带颈平焊法兰	RF	HG 20594	HG 20601
工艺介质、蒸汽	4.0 6.3 10.0	4.0 6.3 10.0	带颈对焊法兰	凹面 FM 凸面 M	HG 20595	HG 20601
一般易燃、易爆、中度危害（有毒）介质	≤1.0 1.6 2.5	1.0 1.6 2.5	带颈对焊法兰	RF	HG 20595	HG 20601
	4.0 6.3 10.0	4.0 6.3 10.0	带颈对焊法兰	凹面 FM 凸面 M	HG 20595	HG 20601
极度和高度危害（剧毒）介质	≤1.6 2.5	2.5 4.0	带颈对焊法兰 带颈对焊法兰	RF 凹面 FM 凸面 M	HG 20595	HG 20601
不锈钢管道用	≤1.6 1.0 1.6 2.5	0.6 1.0 1.6 2.5	对焊环松套法兰（PJ/SE）	RF	HG 20599	HG 20602 （RF）

1.9 垫片型式选用（见表 26-8）

表 26-8 垫片型式选用（欧洲体系）

垫片标准号	名称	材料	型式（代号）	用途
HG 20606	非金属平垫片	橡胶 石棉橡胶 合成纤维橡胶 聚四氟乙烯	FF（全平面法兰用） RF（突面法兰用） MFM（凹凸面法兰用） TG（榫槽面法兰用）	公称压力 $PN\leqslant 4.0$MPa，温度 $t\leqslant 290$℃，根据不同介质的要求选用

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

垫片标准号	名　称	材　料	型式(代号)	用　途
HG 20608	柔性石墨复合垫	碳素钢管道用 304(不锈钢管道用)	RF(突面法兰用) MFM(凹凸面法兰用) TG(榫槽面法兰用)	公称压力 $PN\leqslant 6.3$MPa，温度 $t\leqslant 450$℃(当用于非氧化性介质时，如蒸汽等，温度可达650℃)。各种腐蚀性介质(不适用于有洁净要求的部位)
HG 20607	聚四氟乙烯包覆垫(只适用于突面法兰)	包覆层：聚四氟乙烯 嵌入层：石棉橡胶板	$DN\leqslant 350$PMF 及 PMS 型 $DN\geqslant 200$PFT 型	公称压力 $PN\leqslant 4.0$MPa，温度 $t\leqslant 150$℃(具有使用经验时，可使用至 200℃)，各种腐蚀性介质或有洁净要求的介质
HG 20610	缠绕式垫片	见 HG 20610 表 6.02	C 型：突面法兰用(带外环) D 型：突面法兰用(带内外环) B 型：凹凸面法兰用(带内环) A 型：榫槽面法兰用(不带内外环)	公称压力 $PN1.6\sim 16.0$MPa，温度 $t\leqslant 450$℃(当用于非氧化性介质时，如蒸汽等，温度可达450℃)，各种介质
HG 20612	金属环垫	10 或 08、0Cr13 304、316	八角垫、椭圆垫	公称压力 $PN6.3\sim 25.0$MPa，温度 t450～600℃
HG 20609	金属包覆垫	见 HG 20609 表 3-1		公称压力 $PN2.5\sim 10.0$MPa，温度 t200～500℃，各种介质
HG 20611	齿形组合垫	见 HG 20611 表 3-1	RF 型(突面法兰用) MFM 型(凹凸面法兰用)	公称压力 $PN1.6\sim 25.0$MPa，温度 t200～650℃(用于氧化性介质时≤450℃)

1.10　紧固件型式选用（见表 26-9）

表 26-9　紧固件型式选用（欧洲体系）

紧固件型式	材料或性能等级	适　用　范　围	配用螺母
六角螺栓 (HG 20613)	8.8 级	$PN\leqslant 1.6$MPa $t=-20\sim+250$℃ $d\leqslant$M27 介质　公用工程等非易燃介质，配用垫片为非金属平垫片	8 级 (HG 20613)
双头螺柱 (HG 20613)	8.8 级	$PN\leqslant 4.0$MPa $t=-20\sim+250$℃ 配用垫片为非金属平垫片、聚四氟乙烯包覆垫、柔性石墨复合垫	8 级 (HG 20613)
双头螺柱 (HG 20613)	35CrMoA	$PN\leqslant 10.0$MPa $t=100\sim+500$℃ 配用垫片为缠绕垫片	30CrMo (HG 20613)
全螺纹螺柱 (HG 20613)	35CrMoA	$PN\leqslant 25.0$MPa $t=-100\sim+500$℃ 配用垫片为缠绕垫片	30CrMo (HG 20613)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.11 法兰、垫片、紧固件选配（见表 26-10、表 26-11）

表 26-10 法兰、垫片、紧固件选配(适用于美洲体系)

垫片型式	使用压力 PN/MPa	密封面型式①	密封面表面粗糙度	法兰型式	垫片最高使用温度/℃	紧固件型式	紧固件性能等级或材料牌号②、③、④				
							200℃	250℃	300℃	500℃	550℃
橡胶垫片⑤	2.0	突面、全平面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	200	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱	8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA				
石棉橡胶板垫片⑥	2.0	突面、全平面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	300	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
合成纤维橡胶垫片	2.0～5.0	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	290	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
聚四氟乙烯垫片(改性或填充)	2.0～5.0	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	260	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
柔性石墨复合垫	2.0～11.0	突面、凹凸面、榫槽面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	650(450)	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA		35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA
聚四氟乙烯包覆垫	2.0～5.0	突　面	密纹水线或 R_a6.3～12.5	各种型式	150(200)	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱	8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA				
缠绕垫	2.0～26.0	突面、凹凸面、榫槽面	R_a3.2～6.3	带颈平焊法兰 带颈对焊法兰 整体法兰 承插焊法兰 对焊环松套法兰 法兰盖	650	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

垫片型式	使用压力 PN/MPa	密封面型式①	密封面表面粗糙度	法兰型式	垫片最高使用温度/℃	紧固件型式	紧固件性能等级或材料牌号②、③、④				
							200℃	250℃	300℃	500℃	550℃
金属包覆垫	5.0～15.0	突面	R_a1.6～3.2（碳钢） R_a0.8～1.6（不锈钢）	带颈对焊法兰 整体法兰 法兰盖	500	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	
齿形组合垫	5.0～42.0	突面	R_a3.2～6.3	带颈平焊法兰 带颈对焊法兰 整体法兰 承插焊法兰 法兰盖	650	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA
金属环垫	11.0～42.0	环连接面	R_a0.8～1.6（碳钢、铬钼钢） R_a0.4～0.8（不锈钢）	带颈对焊法兰 整体法兰 承插焊法兰 法兰盖	600	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA

① 凹凸面、榫槽面仅用于 $PN \geqslant 5.0$MPa（class 300）、DN15～600mm 的整体法兰、带颈对焊法兰、带颈平焊法兰、承插焊法兰和法兰盖。

② 表列紧固件使用温度系指紧固件的金属温度。

③ 表列螺栓、螺柱材料可使用在比表列温度低的温度范围（不低于－20℃），但不宜使用在比表列温度高的温度范围。

④ 表列紧固件材料，除 35CrMoA 外，使用温度下限为－20℃，35CrMoA 使用温度低于－20℃时应进行低温下比冲击试验。最低使用温度为－100℃。

⑤ 各种天然橡胶及合成橡胶使用温度范围不同，详见 HG 20627。

⑥ 石棉橡胶板的 $p \cdot t \leqslant 650$MPa·℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-11 法兰、垫片、紧固件选配（适用于欧洲体系）

垫片型式	使用压力 PN/MPa	密封面型式①	密封面表面粗糙度	法兰型式	垫片最高使用温度/℃	紧固件型式	紧固件性能等级或材料牌号②、③、④				
							200℃	250℃	300℃	500℃	550℃
橡胶垫片⑤	≤1.6	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	200	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱	8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA				
石棉橡胶板垫片⑥	≤2.5	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	300	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
合成纤维橡胶垫片	≤4.0	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	290	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
聚四氟乙烯垫片(改性或填充)	≤4.0	突面、凹凸面、榫槽面、全平面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	260	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA	35CrMoA 25Cr2MoVA		
柔性石墨复合垫	1.0～6.3	突面、凹凸面、榫槽面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	650(450)	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱		8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA		35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA
聚四氟乙烯包覆垫	0.6～4.0	突面	密纹水线或 R_a 6.3～12.5	各种型式	150(200)	六角螺栓 双头螺柱 全螺纹螺柱	8.8级 35CrMoA 25Cr2MoVA				
缠绕垫	1.6～16.0	突面、凹凸面、榫槽面	R_a 3.2～6.3	带颈平焊法兰 带颈对焊法兰 整体法兰 承插焊法兰 对焊环松套法兰 法兰盖	650	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

垫片型式	使用压力 PN/MPa	密封面型式①	密封面表面粗糙度	法兰型式	垫片最高使用温度/℃	紧固件型式	紧固件性能等级或材料牌号②、③、④				
							200℃	250℃	300℃	500℃	550℃
金属包覆垫	2.5～10.0	突面	R_a1.6～3.2（碳钢） R_a0.8～1.6（不锈钢）	带颈对焊法兰 整体法兰 法兰盖	500	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	
齿形组合垫	1.6～25.0	突面、凹凸面	R_a3.2～6.3	带颈对焊法兰 整体法兰 法兰盖	650	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA
金属环垫	6.3～25.0	环连接面	R_a0.8～1.6（碳钢、铬钼钢） R_a0.4～0.8（不锈钢）	带颈对焊法兰 整体法兰 法兰盖	600	双头螺柱 全螺纹螺柱				35CrMoA 25Cr2MoVA	25Cr2MoVA

① 凹凸面、榫槽面仅用于 PN1.0～16.0MPa、DN10～600mm 的整体法兰、带颈对焊法兰、带颈平焊法兰、承插焊法兰、平焊环松套法兰、法兰盖和衬里法兰盖。

② 表列紧固件使用温度系指紧固件的金属温度。

③ 表列螺栓、螺柱材料可使用在比表列温度低的温度范围（不低于－20℃），但不宜使用在比表列温度高的温度范围。

④ 表列紧固件材料，除 35CrMoA 外，使用温度下限为－20℃，35CrMoA 使用温度低于－20℃时应进行低温下比冲击试验。最低使用温度－100℃。

⑤ 各种天然橡胶及合成橡胶使用温度范围不同，详见 HG 20606。

⑥ 石棉橡胶板的 $p \cdot t \leqslant 650$MPa·℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.12 常用管道的类型、选材和用途（见表 26-12）

表 26-12 常用管道的类型、选材和用途

序号	管道类型		选用材料	一般用途	标准号
1	无缝钢管	中低压用	普通碳素钢、优质碳素钢、低合金钢、合金结构钢	输送对碳钢无腐蚀或腐蚀速度很小的各种流体	GB 8163—1999 GB 3087—1999 GB 9948—2006
		高温高压用	20G、15CrMo、12Cr2Mo 等	合成氨、尿素、甲醇生产中大量使用	GB 5310—1995 GB 6479—2000
		不锈钢	1Cr18Ni9Ti 等	液碱、丁醛、丁醇、液氮、硝酸、硝铵溶液的输送	GB/T 14976—2002
2	焊接钢管	水煤气输送钢管	Q235-A	适用于输送水、压缩空气、煤气、冷凝水和采暖系统的管路	GB 3091—2001
		双面埋弧自动焊大直径焊接钢管			GB 9771.1—1997
		螺旋缝电焊钢管	Q235、16Mn 等		SY 5036—1983
		不锈钢焊接钢管	1Cr18Ni9Ti 等		HG 20537-3.4—1992
3	金属软管	钎焊不锈钢软管	1Cr18Ni9Ti	一般适用于输送带有腐蚀性气体	
		P2 型耐压软管	低碳镀锌钢带	一般用于输送中性的液体、气体及混合物	
		P3 型吸尘管	低碳镀锌钢带	一般用于通风、吸尘的管道	
		PM1 型耐压管	低碳镀锌钢带	一般用于输送中性液体	
4	有色金属	铜管和黄铜管	T2、T3、T4、TUP、TU1、TU2、H68、H62	适用于一般工业部门，用作机器和真空设备上的管路及压力小于 10MPa 时的氧气管道	GB 1527～1530—1997
		铅及其合金管	纯铅，Pb4、Pb5、Pb6、铅锑合金（硬铅），PbSb4、PbSb6、PbSb8	适用于化学、染料、制药及其他工业部门作耐酸材料的管道，如输送 15%～65%的硫酸、干或湿的二氧化硫、60%的氢氟酸、浓度小于 80%的乙酸，铅管的最高使用温度为 200℃，但温度高于 140℃时，不宜在压力下使用	GB 1472—1988
		铝及其合金	L2、L3、工业纯铝	铝管用于输送脂肪酸、硫化氢及二氧化碳，铝管最高使用温度 200℃，温度高于 160℃时，不宜在压力下使用，铝管还可以用于输送浓硝酸、乙酸、蚁酸、硫的化合物及硫酸盐。不能用于盐酸、碱液，特别是含氯离子的化合物。铝管不可用对铝有腐蚀的碳酸镁、含碱玻璃棉保温	GB 6893—2000 GB 4436—1995
5	纤维缠绕玻璃钢管	承插胶黏直管、对接直管和 O 形环承插连接直管	玻璃钢	一般用在公称压力 0.6～1.6MPa、公称直径大于 50mm 的管道上	HG/T 21633—1991
		玻璃钢管	玻璃钢	低压接触成型直管使用压力小于等于 0.6MPa，长丝缠绕直管使用压力小于等于 1.6MPa	
6	增强聚丙烯管		聚丙烯	具有轻质高强、耐腐蚀性好、致密性好，价格低等特点。使用温度为 120℃，使用压力为小于等于 1.0MPa	HG 20539—1992

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	管道类型	选用材料	一般用途	标准号
7	玻璃钢增强聚丙烯复合管	玻璃钢、聚丙烯	一般用于公称直径 15～400mm，*PN* 小于等于 1.6MPa 的管道上	HG/T 21579—1995
8	玻璃钢增强聚氯乙烯复合管	玻璃钢、聚氯乙烯	使用压力小于等于 1.6MPa	HG/T 21636—1987（规格尺寸） HG 20520—1992（设计规定）
9	钢衬改性聚丙烯管	钢、聚丙烯	使用压力可大于 1.6MPa	
10	钢衬聚四氟乙烯推压管	钢、聚四氟乙烯	使用压力可大于 1.6MPa	HG/T 21562—1994
11	钢衬高性能聚乙烯管	钢、聚乙烯	具有耐腐蚀、耐磨损等特点	
12	钢喷涂聚乙烯管	钢、聚乙烯	使用压力小于等于 0.6MPa	
13	钢衬橡胶管	钢、橡胶	使用压力可大于 1.6MPa	HG 21501—1993
14	钢衬玻璃管	钢、玻璃	使用压力可大于 1.6MPa	
15	搪玻璃管	钢、瓷釉	使用压力小于 0.6MPa	HG/T 2130—1991
16	化工用硬聚氯乙烯管（UPVC）	聚氯乙烯	使用压力小于等于 1.6MPa	GB/T 4219--1996
17	ABS 管	ABS	使用压力小于等于 0.6MPa	
18	耐酸陶瓷管	陶瓷	使用压力小于等于 0.6MPa	
19	聚丙烯管	聚丙烯	一般用于化工防腐蚀管道上	
20	氟塑料管	聚四氟乙烯	耐腐蚀，且耐负压	
21	输水、吸水胶管	橡胶	①夹套输水胶管，输送常温水和一般中性液体，公称压力小于等于 0.7MPa ②纤维缠绕输水胶管，输送常温水，工作压力小于等于 1.0MPa ③吸水胶管，适用于常温水和一般中性液体	HG 2184—1991
22	夹布输气管	橡胶	一般适用输送压缩空气和惰性气体用	
23	输油、吸油胶管	耐油橡胶	①夹布吸油胶管，适用于输送 40℃以下的汽油、煤油、柴油、机油、润滑油及其他矿物油类。工作压力小于等于 1.0MPa ②吸油胶管，适用于抽吸 40℃以下的汽油、煤油、柴油以及其他矿物油类	
24	输酸、吸酸胶管	耐酸胶	①夹布输稀酸（碱）胶管，适用于输送浓度在 40%以下的稀酸（碱）溶液（硝酸除外） ②吸稀酸（碱）胶管，适用于抽吸浓度在 40%以下的稀酸（碱）溶液（硝酸除外） ③吸浓硫酸管，适用于抽吸浓度在 95%以下的浓硫酸及 40%以下的硝酸	
25	蒸气胶管	合成胶	①夹布蒸汽胶管，适用于输送压力小于等于 0.4MPa 的饱和蒸汽或温度小于等于 150℃的热水 ②钢丝编织蒸汽胶管、供输送压力小于等于 1.0MPa 的饱和蒸汽	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	管道类型	选用材料	一般用途	标准号
26	耐磨吸引胶管	合成胶	适用于输送含固体颗粒的液体和气体	
27	合成树脂复合排吸压力软管	合成树脂	适用于输送或抽吸燃料油、变压器油、润滑油以及化学药品、有机溶剂	

注：摘自《压力管道安全技术》。东南大学出版社出版（局部有修正）。

1.13 弯管最小弯曲半径

高压钢管的弯曲半径宜大于管子外径的5倍，其他管子的弯曲半径宜大于管子外径的3.5倍。

弯管宜采用壁厚为正公差的管子制作。当采用负公差的管子制作弯管时，管子弯曲半径与弯管前管子壁厚的关系宜符合表26-13的规定。

表26-13 弯曲半径与管子壁厚的关系

弯曲半径 R	弯管前管子壁厚
$R\geqslant 6DN$	$1.06T_m$
$6DN>R\geqslant 5DN$	$1.08T_m$
$5DN>R\geqslant 4DN$	$1.14T_m$
$4DN>R\geqslant 3DN$	$1.25T_m$

注：1. DN—公称直径；T_m—设计壁厚。

2. 摘自GB 50235—1997《工业金属管道工程施工及验收规范》，有关弯曲制作要求详见该规范第4.2节。

1.14 热力管道地沟的敷设尺寸（见图26-1、表26-14）

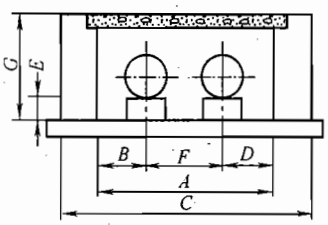


图26-1

1.15 管道连接

(1) 焊接

所有压力管道，如煤气、蒸汽、空气、真空等管道尽量采用焊接。管径大于32mm，厚度在4mm以上者采用电焊；厚度在3.5mm以下者采用气焊。补偿器顶部不能电焊。

(2) 承插焊

密封性要求高的管子连接，应尽量用承插焊代替螺纹连接。该结构可靠，耐压高，施工方便。

表26-14 地沟敷设尺寸 /mm

地沟尺寸	管道直径 DN										
	25	32	40	50	70	80	100	125	150	200	250
C	890	890	890	890	1040	1040	1040	1040	1040	1450	1600
A	650	650	650	650	800	800	800	800	800	950	1100
G	300	300	300	300	375	375	450	525	525	600	675
B、D	175	175	175	175	220	220	220	220	220	245	290
F	300	300	300	300	360	360	400	400	400	460	520
E	125	125	125	125	160	160	200	200	200	250	300

注：坡度：大于0.002；最低部分距最高水位500mm。

地沟材料：砌砖75号以上；砂浆25号以上。

混凝土：壁100号；底50号；基础200号。

钢筋混凝土：支架150号；固定结构150号；盖板、底板、基础100号。

(3) 法兰连接

适用于大管径、密封性要求高的管子连接，如真空管等；也适于玻璃、塑料、阀门与管道或设备的连接。

(4) 螺纹连接

一般适用于管径≤50mm（室内明敷上水管道可采取≤150mm），工作压力低于1.0MPa，介质温度≤100℃的焊接钢管、镀锌焊接钢管或硬聚氯乙烯塑料管与管或带螺纹的阀门、管件相连接。

(5) 承插连接

适用于埋地或沿墙敷设的给排水管，如铸铁管，陶瓷管，石棉水泥管与管或管件、阀门的连接。采用石棉水泥、沥青玛瑞脂，水泥砂浆等作为封口，工作压力≤0.3MPa，介质温度≤60℃。

(6) 承插粘接

适用于各种塑料管（如ABS管、玻璃钢管等）与管子或阀门、管件的连接。采用胶黏剂涂覆于插入管的外表面，然后插入承口，经固化后即成一体，施工方便，密闭性好。

(7) 卡套连接

适用于管径≤42mm的金属管与金属管件或与非金属管件、阀门的连接。中间加一垫片，施工方便，拆卸容易，一般用于仪表，控制系统等处。

(8) 卡箍连接

适用于洁净物料，具有装拆方便，安全可靠，经济耐用等优点。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.16 管径当量换算（见表 26-15、表 26-16）

表 26-15 管径当量换算（适用于空气、蒸汽、气体）

管径/in	1/2	3/4	1	1½	2	2½	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	管径/in
1/2		2.27	4.88	15.8	31.7	52.9	96.9	205	377	620	918	1292	1767	2488	3014	3786	4904	5927	7321	8535	9717	1/2
3/4	2.60		2.05	6.97	14.0	23.3	42.5	90.4	166	273	405	569	779	1069	1328	1668	2161	2615	3226	3761	4282	3/4
1	7.55	2.90		3.45	6.82	11.4	20.9	44.1	81.1	133	198	278	380	536	649	815	1070	1263	1576	1837	2092	1
1½	24.2	9.30	3.20		2.00	3.34	6.13	13.0	23.8	39.2	58.1	81.7	112	157	190	239	310	375	463	539	614	1½
2	54.8	21.0	7.25	2.26		1.67	3.06	6.47	11.9	19.6	29.0	40.8	55.8	78.5	95.1	119	155	187	231	269	307	2
2½	102	39.4	13.6	4.23	1.87		1.83	3.87	7.12	11.7	17.4	24.4	33.4	47.0	56.9	71.5	92.6	112	138	161	184	2½
3	170	65.4	22.6	7.03	3.11	1.66		2.12	3.89	6.39	9.48	13.3	20.9	23.7	31.2	39.1	50.6	61.1	75.5	88.0	100	3
4	376	144	49.8	15.5	6.87	3.67	2.21		1.84	3.02	4.48	6.30	8.61	12.1	14.7	18.5	23.9	28.9	35.7	41.6	47.4	4
5	686	263	90.9	28.3	12.5	6.70	4.03	1.83		1.65	2.44	3.43	4.69	6.60	8.00	10.0	13.0	15.7	19.4	22.6	25.8	5
6	1116	429	148	46.0	20.4	10.9	6.56	2.97	1.63		1.48	2.09	2.85	4.02	4.86	6.11	7.91	9.56	11.8	13.8	15.6	6
7	1707	656	226	70.5	31.2	16.6	10.0	4.54	2.49	1.51		1.41	1.93	2.71	3.28	4.12	5.34	6.45	7.97	9.31	10.6	7
8	2435	936	322	101	44.5	23.8	14.3	6.48	3.54	2.18	1.43		1.35	1.93	2.33	2.92	3.79	4.57	5.67	6.60	7.52	8
9	3335	1281	440	137	60.8	32.5	19.5	8.85	4.85	2.98	1.95	1.37		1.41	1.71	2.14	2.77	3.35	4.14	4.83	5.50	9
10	4393	1688	582	181	80.4	42.9	25.8	11.7	6.40	3.93	2.57	1.30	1.32		1.21	1.52	1.97	2.38	2.94	3.43	3.91	10
11	5642	2168	747	233	103	55.1	33.1	15.0	8.22	5.05	3.31	2.32	1.70	1.28		1.26	1.63	1.88	2.43	2.83	3.22	11
12	7087	2723	938	293	129	69.2	41.6	18.8	10.3	6.34	4.15	2.91	2.13	1.61	1.26		1.30	1.57	1.93	2.26	2.58	12
13	8657	3326	1146	358	158	84.5	50.7	23.0	12.6	7.75	5.07	3.56	2.60	1.98	1.53	1.22		1.21	1.49	1.74	1.98	13
14	10600	4070	1403	438	193	103	62.2	28.2	15.4	9.48	6.21	4.35	3.18	2.41	1.88	1.50	1.22		1.24	1.44	1.64	14
15	12824	4927	1698	530	234	125	75.3	34.1	18.7	11.5	7.52	5.27	3.85	2.92	2.27	1.81	1.48	1.21		1.17	1.35	15
16	14978	5758	1984	619	274	146	88.0	39.9	21.8	13.4	8.78	6.15	4.51	3.41	2.66	2.12	1.73	1.42	1.18		1.14	16
17	17537	6738	2322	724	320	171	103	46.6	25.6	15.7	10.3	7.20	5.27	3.99	3.11	2.47	2.03	1.66	1.37	1.17		
18	20327	7 810	2691	840	371	198	119	54.1	29.6	18.2	11.9	8.35	6.11	4.63	3.60	2.87	2.35	1.92	1.59	1.36	1.16	
20	26676	10249	3532	1102	487	260	157	70.9	38.9	23.9	15.6	10.9	8.02	6.07	4.73	3.76	3.08	2.52	2.08	1.78	1.52	
24	42624	16376	5644	1761	778	416	250	113	62.1	38.2	25.0	17.5	12.8	9.70	7.55	6.01	4.92	4.02	3.32	2.84	2.43	
30	75453	28990	9990	3117	1378	736	443	201	110	67.6	44.2	31.0	22.7	17.2	13.4	10.7	8.72	7.14	5.88	5.03	4.30	
36	120100	46143	15902	4961	2193	1172	705	319	175	108	70.4	49.3	36.1	27.3	21.3	16.9	13.9	11.3	9.37	8.01	6.85	
42	177724	68282	23531	7341	3245	1734	1044	473	259	159	104	73.0	53.4	40.5	31.5	25.1	20.5	16.8	13.9	11.9	10.1	
48	249351	95818	33020	10301	4554	2434	1465	663	363	223	146	102	75.0	56.8	44.2	35.2	28.8	23.5	19.4	16.6	14.2	

注：1. 本表中不同管径的换算数值以等长度为基准，粗实线的上面部分为公称直径的管子数，下面部分为实际内径的管子数。

例 1：一根公称直径为 3/4in 的管子相当于 2.27 根公称直径为 1/2in 的管子。

（由表横列中 3/4in 对纵列中 1/2in 其交点值为 2.27）换算意义为一根公称直径为 ϕ3/4in 的管子用于输送空气（或蒸汽）时，设其输气量为 Q(kg/min)，管子为 L(m)，阻力为 Δh(m 气柱)，如改采用 ϕ1/2in 管子并联每根管管长仍为 L(m)，阻力仍为 Δh(m气柱)，则每根 ϕ1/2in管输气量只有Q/2.27(kg/min)。换言之，用 ϕ1/2in 管子输气Q(kg/min)需要 2.27 根管子。

例 2：一根内径为 13in 的管子相当于 3.56 根内径为 8in 的管子。

（由表纵列对横列查得）

2. 摘自 Grocker，Piping Handbook。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-16 管径当量换算 (适用于水)

公称管径/in	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	5	6	8	10	12
1/3	1	0.475	0.222	0.122	0.0625	0.0333	0.0167	0.0114	0.0061	0.00392	0.00228	0.00158	0.00115	0.000655	0.000415	0.000209	0.000118	0.000075
1/4	2.1	1	0.475	0.263	0.130	0.0714	0.0357	0.0244	0.0130	0.00833	0.00485	0.00336	0.00246	0.00139	0.000882	0.000445	0.000252	0.000160
3/8	4.5	2.1	1	0.555	0.278	0.151	0.077	0.0526	0.0278	0.0178	0.0103	0.0072	0.00523	0.00298	0.00188	0.000948	0.000536	0.000342
1/2	8.2	3.8	1.8	1	0.500	0.270	0.139	0.091	0.050	0.0322	0.0185	0.0128	0.00934	0.00532	0.00336	0.00169	0.000959	0.000611
3/4	16	7.7	3.6	2	1	0.555	0.278	0.189	0.100	0.0645	0.0370	0.0263	0.0189	0.01075	0.00680	0.00342	0.00194	0.00124
1	30	14	6.6	3.7	1.8	1	0.500	0.344	0.182	0.1180	0.0666	0.0476	0.0345	0.0196	0.0125	0.00625	0.00355	0.00226
1¼	60	28	13	7.2	3.6	2	1	0.666	0.357	0.232	0.143	0.0910	0.0666	0.0384	0.0244	0.0125	0.00705	0.00449
1½	88	41	19	11	5.3	2.9	1.5	1	0.526	0.345	0.200	0.139	0.1010	0.0588	0.0357	0.0185	0.0103	0.00657
2	164	77	36	20	10	5.5	2.8	1.9	1	0.625	0.370	0.256	0.1887	0.1075	0.0666	0.0345	0.0192	0.0123
2½	255	120	56	31	15.5	8.5	4.3	2.9	1.6	1	0.588	0.400	0.294	0.1665	0.1050	0.0526	0.0303	0.0192
3	439	206	97	54	27	15	7	5	2.7	1.7	1	0.715	0.500	0.296	0.182	0.0917	0.0526	0.0333
3½	652	297	139	78	38	21	11	7.2	3.9	2.5	1.4	1	0.715	0.417	0.263	0.1315	0.0746	0.0476
4	867	407	191	107	53	29	15	9.9	5.3	3.4	2	1.4	1	0.555	0.357	0.1820	0.1020	0.0666
5	1.525	716	335	188	93	51	26	17	9.3	6	3.5	2.4	1.8	1	0.625	0.322	0.1785	0.1150
6	2414	1133	531	297	147	80	41	28	15	9.5	5.5	3.8	2.8	1.6	1	0.500	0.286	0.1820
8	4795	2251	1054	590	292	160	80	54	29	19	10.9	7.6	5.5	3.1	2	1	0.555	0.3570
10	8468	3976	1862	1042	516	282	142	97	52	33	19	13.4	9.8	5.6	3.5	1.8	1	0.6250
12	13292	6240	2923	1635	809	443	223	152	81	52	30	21	15	8.7	5.5	2.8	1.5	1

注：1. 本表不同管径的换算数值以等长度为基准。

例：一根 2in管径输水管相当于 10 根 3/4in 管径的管子或 0.1887 根 4in 管径的管子(由上表纵列对横列查得)。

2. 摘自 Grocker, Piping Handbook 第四版。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.17 埋地管道

禁止埋地敷设管道的地区：黄土类土壤；侵蚀性土壤；终年冻结区；八级地震区。

埋深：地沟——与地面最小距离 0.5m。

无沟埋地——与地面最小距离 0.7m(热力管道)。

半通行地沟内部最小尺寸：高 1.4m，通道宽度 0.4m。

通行地沟内部最小尺寸：高 1.8～2.0m，通道宽度 0.7m。

各种设施之间的间距如下：

间距（最小净距)/m	水平距离	空间距离
蒸汽管与轨道	4	1
蒸汽管与煤气上下水管道	2	0.15
蒸汽管与 35kV 电缆	2	
管道之间	0.4	0.15
管道与沟壁	0.1～0.15	0.15～0.2（离地）

1.18 管道刷油面积计算（见表 26-17）

表 26-17 每 100m 长管道刷油面积 /m^2

保温厚度 S/mm	管径/mm								
	14	18	25	32	38	45	57	76	89
0	4.40	5.66	7.85	10.05	11.94	13.98	17.91	23.88	27.96
20	16.97	18.22	20.42	22.62	24.50	26.55	30.47	36.44	40.53
25	20.11	21.36	23.56	25.76	27.65	29.69	33.62	39.58	43.67
30	23.25	24.50	26.70	28.90	30.79	32.83	36.76	42.73	46.81
40	29.53	30.79	32.99	35.19	37.07	39.11	48.04	49.01	53.09
50	35.81	37.07	39.27	41.47	43.35	45.40	49.32	55.29	59.38
60	42.10	43.35	45.55	47.75	49.64	51.63	55.61	61.58	65.66
70	—	—	—	54.04	55.92	57.96	61.89	67.86	71.94
80	—	—	—	—	62.20	64.25	68.17	74.14	78.23
90	—	—	—	—	—	70.53	74.46	80.43	84.51
100	—	—	—	—	—	—	80.74	86.71	90.79
120	—	—	—	—	—	—	—	99.28	103.36
140	—	—	—	—	—	—	—	—	115.93
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—
180									
200									

保温厚度 S/mm	管径/mm								
	108	133	159	168	194	219	273	299	325
0	33.93	41.78	49.95	52.78	60.95	68.80	85.77	93.93	102.10
20	46.50								
25	49.64	57.49	—	—	—	—	—	—	—
30	52.78	60.63	68.81	—	—	—	—	—	—
40	59.06	66.92	75.08	77.91	—	—	—	—	—
50	65.35	76.03	81.37	84.20	92.36	—	—	—	—
60	71.63	79.48	87.65	90.43	98.65	106.50	123.47	131.63	139.80
70	77.91	85.77	93.93	96.76	104.93	112.78	129.75	137.92	146.08
80	84.20	92.05	100.22	103.04	111.21	119.07	136.03	144.20	152.50
90	90.48	98.33	106.50	109.33	117.50	125.35	142.31	150.48	158.65
100	96.76	104.62	112.78	115.61	123.78	131.63	148.60	156.77	164.93
120	109.33	117.18	125.35	137.92	136.35	144.20	161.16	169.33	177.50
140	121.89	129.75	137.92	140.74	148.91	156.77	173.73	181.90	190.07
160	134.46	142.31	150.48	153.31	161.48	169.33	186.30	194.47	202.63
180		154.88	163.05	165.88	174.05	181.90	198.86	207.03	215.20
200		—	175.62	178.44	186.61	194.47	211.43	219.60	228.00

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.19 管道系统试验

管道系统试验详见 GB 50235—1997《工业金属管道工程施工及验收规范》中管道检验、检查和试验部分。

1.20 管道留孔

管道穿越楼板、屋顶、地基及其他混凝土构件，应在土建施工时预留管孔。管孔大小，对于螺纹连接的管道来说，一般是管外径加 10mm 即可；对于法兰和保温管道来说，一般应大于其外径加 10mm。现以 *PN*1.6MPa 法兰为例，其管孔尺寸见下表。

公称直径 *DN*/mm	25	40	50	65	80	100	125	150	200
管孔尺寸 /mm	130	160	175	195	210	230	260	300	350

多根管道的集中留孔如图 26-2 所示。

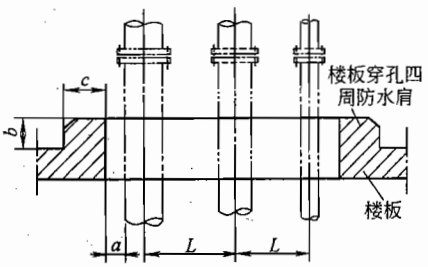


图 26-2 管道留孔尺寸示意

L—管道间距，见表 26-20～表 26-23；

a—管边与孔边间距，一般取法兰外径的一半加 10mm（若位置有限，10mm 可以不加）；

b——一般车间取 50～80mm，防爆车间取 100～150mm；*c*——一般为 60mm

1.21 管道坡度

管道敷设应有坡度，坡度方向一般均沿着介质流动方向，但亦有与介质流动方向相反者。坡度一般为 1/100～3/1000。输送黏度大的介质的管道，坡度则要求大些，可达 1/100。埋地管道及敷设在地沟中的管道，如在停止生产时其积存介质不考虑排尽，则不考虑敷设坡度。

管道坡度一般采用如下。

蒸汽	5/1000
蒸汽冷凝水	3/1000
清水	3/1000
冷冻水及冷冻回水	3/1000
生产废水	1/1000
压缩空气，氮气	4/1000
真空	3/1000

1.22 管道间距（见图 26-3，表 26-18、表 26-19）

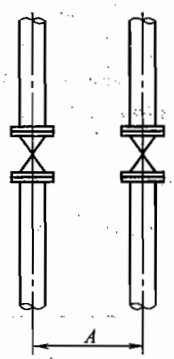


图 26-3 管道间距

表 26-18 管道并排且阀的位置对齐时的管道间距

/mm

DN	25	40	50	80	100	150	200	250
25	250							
40	270	280						
50	280	290	300					
80	300	320	330	350				
100	320	330	340	360	375			
150	350	370	380	400	410	450		
200	400	420	430	450	460	500	550	
250	430	440	450	480	490	530	580	600

注：适用于 *PN*≤2.5MPa 的管道。

1.23 管架跨距

(1) 水平管道的跨距（见表 26-20～表26-23）

(2) 垂直管道的管架间距

垂直管道管架的设置，除了考虑承重的因素外，还要注意防止风载引起的共振以及垂直管道的轴向失稳，因此在考虑承重架的同时，还应适当考虑增设必要的导向架。

一般垂直管道（钢管）的管架间距可按表 26-24 选用。对于高温垂直管道的管架间距，同样可按表 26-24 选用，但应适当减小。

(3) 水平管道的导向架间距

水平管道与垂直管道一样，除了考虑承重的因素外，还应注意到当管道需要约束，限制风载、地震、温差变形等引起的横向位移，或要避免因不平衡内压、热胀推力以及支承点摩擦力造成管道轴向失稳时，应适当地设置些必要的导向架。特别是在管道很长的情况下，更不能避免。水平管道（钢管）的最大导向架间距见表26-25。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-19 管道并排、法兰错排时的管道间距 /mm

DN	公称直径 DN																							
	25		40		50		70		80		100		125		150		200		250		300		d	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
25	120	200																					110	130
40	140	216	150	230																			120	140
50	150	220	150	230	160	240																	150	150
70	160	230	160	240	170	250	180	260															140	170
80	170	240	170	250	180	260	190	270	200	280													150	170
100	180	250	180	260	190	270	200	280	210	310	220	300											160	190
125	190	260	200	280	210	290	220	300	230	310	240	320	250	330									170	210
150	210	280	210	300	220	300	230	300	240	320	250	330	260	340	280	360							190	230
200	230	310	240	320	250	330	260	340	270	350	280	360	290	370	300	390	300	420					220	260
250	270	340	270	350	280	360	290	370	300	380	310	390	320	410	340	420	360	450	390	480			250	290
300	290	370	300	380	310	390	320	400	330	410	340	420	350	440	360	450	390	480	410	510	400	540	280	320
350	390	400	330	410	340	420	350	430	360	440	370	450	380	470	390	480	420	510	450	540	470	570	310	350

注：1. 不保温管与保温管相邻排列时，间距=(不保温管间距+保温管间距)/2。

2. 若系螺纹连接的管子，间距可按上表减去 20mm。

3. 管沟中管壁与管壁之间的净距在 160～180mm，壁管与沟壁之间的距离为 200mm 左右。

4. 表中 A 为不保温管，B 为保温管，d 为管子轴线离墙面的距离。

5. 本表适用于室内管道安装，不适用于室外长距离管道安装。

表 26-20 装置内不保温管道基本跨距

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道计算质量/(kg/m)		管道基本跨距/m			
				管道设计温度 $t\leqslant 200℃$		管道设计温度 $t\leqslant 350℃$	
		气体管	液体管	气体管	液体管	气体管	液体管
15	21.25×2.75	1.55	1.74	3.43	3.33	3.37	3.28
	18×2.5	1.18	1.31	3.15	3.07	3.09	3.01
	18×3	1.36	1.47	3.11	3.05	3.06	3.00
20	26.75×2.75	2.04	2.38	3.89	3.74	3.82	3.67
	25×2.5	1.74	2.04	3.76	3.61	3.70	3.55
	25×3	2.02	2.29	3.73	3.61	3.62	3.56
25	33.5×3.25	3.05	3.60	4.36	4.18	4.28	4.11
	32×2.5	2.32	2.87	4.28	4.06	4.21	3.99
	32×3.5	3.07	3.54	4.24	4.09	4.17	4.02
32	42.25×3.25	3.99	4.95	4.92	4.66	4.84	4.58
	38×2.5	2.83	3.65	4.68	4.39	4.60	4.31
	38×3.5	3.75	4.48	4.65	4.45	4.57	4.37
40	48×3.5	4.93	6.19	5.25	4.96	5.16	4.87
	45×3	4.02	5.16	5.09	4.78	5.00	4.70
	45×3.5	4.57	4.66	5.08	4.81	4.99	4.73

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道计算质量/(kg/m)		管道基本跨距/m			
				管道设计温度 $t\leqslant200℃$		管道设计温度 $t\leqslant350℃$	
		气体管	液体管	气体管	液体管	气体管	液体管
50	60×3.5	6.38	8.50	5.89	5.48	5.78	5.38
	57×3.5	6.01	7.90	5.74	5.36	5.63	5.26
	57×4	6.73	8.54	5.73	5.40	5.63	5.30
70	73×3.75	8.83	12.32	6.60	6.08	6.49	5.97
	76×4	9.39	12.88	6.63	6.12	6.51	6.02
	76×6	13.20	16.29	6.60	6.26	6.48	6.15
80	88.9×4	11.22	16.11	7.14	6.53	7.02	6.41
	89×4	11.30	16.24	7.16	6.54	7.04	6.43
	89×6	15.85	20.32	7.16	6.73	7.04	6.61
100	114×4	15.14	23.60	8.06	7.23	7.93	7.10
	108×4	14.19	21.73	7.87	7.08	7.73	6.95
	108×6	19.85	26.79	7.90	7.33	7.76	7.20
125	140×4.5	21.28	34.21	8.93	7.93	8.78	7.80
	133×4	18.21	29.99	8.69	7.67	8.54	7.54
	133×6	25.31	36.34	8.76	8.00	8.60	7.86
150	168×4.5	25.96	44.30	9.65	8.44	9.48	8.29
	159×4.5	24.81	44.77	9.48	8.33	9.32	8.18
	159×6	31.24	47.52	9.56	8.60	9.39	8.45
200	219×6	45.89	78.18	11.12	9.73	10.92	9.56
	219×8	57.72	88.77	11.20	10.06	11.01	9.88
250	273×6	60.24	111.58	12.31	10.55	12.09	10.36
	273×8	75.18	124.95	12.44	10.96	12.22	10.76
	273×10	89.89	138.12	12.51	11.24	12.29	11.04
300	325×6	75.10	148.93	13.31	11.21	13.07	11.02
	273×8	93.03	164.99	13.49	11.09	13.25	11.49
	273×10	110.74	180.84	13.59	12.03	13.36	11.81
350	377×6	90.97	191.37	14.21	11.80	13.96	11.59
	377×8	111.91	210.12	14.44	12.33	14.18	12.12
	377×10	132.61	228.66	14.57	12.72	14.32	12.49
400	426×6	106.86	236.03	14.96	12.28	14.71	12.07
	426×8	130.63	257.31	15.25	12.87	14.98	12.65
	426×10	154.16	278.38	15.42	13.30	15.15	13.07
450	480×6	125.42	290.46	15.75	12.77	15.48	12.55
	480×10	178.95	338.41	18.28	13.88	15.99	13.63
	486×12	205.36	362.06	16.41	14.24	16.12	13.99
500	530×6	143.89	345.80	16.42	13.18	16.13	12.76
	530×9	188.14	385.70	16.91	14.13	16.61	13.89
	530×12	232.18	425.13	17.19	14.76	16.87	14.50
600	630×6	182.75	470.56	17.62	13.91	17.31	13.03
	630×9	235.95	518.21	18.23	14.97	17.91	14.71
700	720×6	221.21	598.96	18.59	14.49	18.26	13.23
	720×9	282.20	653.59	19.29	15.64	18.96	15.37

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道计算质量/(kg/m)		管道基本跨距/m			
				管道设计温度 $t\leqslant200℃$		管道设计温度 $t\leqslant350℃$	
		气体管	液体管	气体管	液体管	气体管	液体管
800	820×6	267.53	759.53	19.55	14.71	19.21	13.40
	820×9	337.17	821.89	20.37	16.30	20.01	15.69
900	920×6	317.61	938.93	20.43	14.86	20.080	13.54
	920×9	395.91	1009.94	21.35	16.90	20.97	15.92
1000	1020×6	323.91	1137.17	21.98	14.98	21.59	13.65
	1020×9	411.42	1215.03	22.86	17.44	22.46	16.10
1200	1220×6	422.18	1590.17	23.55	15.18	23.13	13.83
	1220×8	492.19	1652.46	24.32	17.15	23.89	15.63
1400	1420×8	613.40	2191.16	25.81	17.36	25.36	15.82
	1420×10	694.78	2263.57	26.43	19.05	25.96	17.36
1600	1620×8	745.93	2805.21	27.15	17.52	26.67	15.96
	1620×10	838.93	2887.95	27.85	19.27	27.36	17.56

表 26-21 装置内保温管道基本跨距

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道设计温度 $t\leqslant200℃$					管道设计温度 $t\leqslant350℃$				
		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m	
					气体管	液体管				气体管	液体管
25	33.5×3.25	45	9.54	10.09	3.44	3.31	65	14.06	14.61	2.58	2.53
	32×2.5	45	8.70	9.25	3.11	3.01	65	13.18	13.73	2.30	2.28
	32×3.5	45	9.45	9.92	3.36	3.28	65	13.93	14.40	2.52	2.48
32	42.25×3.25	50	12.24	13.20	3.95	3.81	65	15.91	16.36	3.16	3.07
	38×2.5	50	10.72	11.55	3.39	3.27	65	14.31	16.14	2.67	2.60
	38×3.5	50	11.65	12.37	3.70	3.59	65	15.24	15.96	2.94	2.88
40	48×3.5	50	13.64	14.91	4.44	4.25	70	16.85	20.12	3.44	3.33
	45×3	50	12.49	13.63	4.07	3.89	70	17.61	18.75	3.12	3.02
	45×3.5	50	13.04	14.13	4.23	4.06	70	18.16	19.25	3.26	3.17
50	60×3.5	50	16.09	18.21	5.23	4.91	70	21.63	23.75	4.11	3.92
	57×3.5	50	15.47	17.36	5.04	4.76	70	20.93	22.82	3.95	3.78
	57×4	50	16.19	18.00	5.20	4.93	70	21.65	23.46	4.10	3.93
70	73×3.75	55	21.21	24.70	6.01	5.57	75	27.47	30.95	4.81	4.53
	76×4	55	21.82	25.30	6.13	5.69	75	28.09	31.57	4.92	4.64
	76×6	55	25.62	28.71	6.66	6.29	75	31.89	34.98	5.20	5.08
80	88.9×4	55	24.77	29.65	6.78	6.19	80	33.22	38.10	5.33	4.98
	89×4	55	24.89	29.83	6.80	6.21	80	33.35	38.30	5.35	5.00
	89×6	55	29.44	33.91	7.40	6.90	80	37.91	42.38	5.66	5.50
100	114×4	60	32.69	41.16	7.72	6.88	80	40.31	48.77	6.21	5.76
	108×4	60	31.17	38.71	7.46	6.70	80	38.62	46.15	6.02	5.59
	108×6	60	36.82	43.77	8.18	7.50	80	44.27	51.21	6.35	6.12

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道设计温度 $t\leqslant200℃$					管道设计温度 $t\leqslant350℃$				
		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m	
					气体管	液体管				气体管	液体管
125	140×4.5	60	41.34	54.27	8.98	7.84	85	49.68	62.62	7.10	6.65
	133×4	60	37.60	49.38	8.46	7.38	85	47.96	59.74	6.70	6.11
	133×6	60	44.70	55.73	9.29	8.32	85	55.06	56.09	7.08	6.77
150	168×4.5	60	48.44	66.78	9.85	8.39	90	62.52	80.76	7.51	6.95
	159×4.5	60	46.71	63.67	9.65	8.26	90	60.44	77.40	7.46	6.83
	159×6	60	53.14	69.42	10.30	9.01	90	60.87	88.15	7.76	7.35
200	219×6	65	76.12	108.40	12.04	10.10	95	92.79	125.08	9.16	8.50
	219×8	65	87.94	118.99	12.51	10.961	95	104.61	135.67	9.49	8.80
250	273×6	65	96.06	147.40	13.47	10.87	95	115.00	166.34	10.28	9.33
	273×8	65	111.00	160.77	14.00	11.83	95	129.94	179.91	10.66	9.83
	273×10	65	125.71	173.94	14.27	12.54	95	144.65	192.88	10.91	10.15
300	325×6	70	119.65	193.48	14.44	11.36	100	141.19	215.02	11.16	9.82
	325×8	70	137.58	209.54	15.18	12.48	100	159.13	231.08	11.59	10.56
	325×10	70	158.71	228.81	15.42	13.23	100	176.83	246.94	11.88	10.93
350	377×8	70	141.27	241.67	15.48	11.83	100	165.00	265.40	12.03	10.29
	377×8	70	162.21	260.42	16.33	13.06	100	185.99	284.15	12.49	11.24
	377×10	70	182.91	278.96	16.68	13.99	100	205.64	302.69	12.81	11.65
400	426×6	70	162.58	291.74	16.35	12.20	105	192.91	322.07	12.69	10.58
	426×8	70	186.34	313.02	17.31	13.51	105	216.67	343.35	13.20	11.75
	426×10	70	209.87	334.10	17.71	14.51	105	240.20	364.42	13.56	12.21
450	480×6	70	187.11	352.17	17.21	12.54	105	220.09	385.14	13.45	10.95
	480×10	70	240.64	400.10	18.75	15.00	105	273.61	433.07	14.38	12.83
	480×12	70	287.05	423.75	19.07	15.87	105	300.02	456.73	14.66	13.20
500	530×8	70	210.80	413.01	17.94	12.81	105	246.23	448.44	14.10	11.20
	530×9	70	255.36	452.91	19.44	14.86	105	290.78	488.34	14.90	13.04
	530×12	70	299.40	492.34	19.99	16.32	105	334.82	527.78	15.39	13.74
600	630×6	75	266.57	554.39	19.01	13.18	110	307.38	595.20	15.20	11.59
	630×9	75	319.78	602.03	20.96	15.38	110	306.59	642.85	16.11	13.56
700	720×6	75	315.61	693.37	20.00	13.50	110	380.84	738.59	16.16	11.91
	720×9	75	376.61	747.98	22.27	15.81	110	421.83	793.21	17.14	13.99
800	820×6	75	373.69	865.68	20.97	13.78	110	423.81	915.81	17.12	12.20
	820×9	75	443.33	928.05	23.45	16.21	110	493.45	918.17	18.19	14.38
900	920×6	75	435.53	1056.84	21.82	14.01	110	490.55	1111.87	18.01	12.44
	920×9	75	513.82	1126.95	24.48	16.53	110	568.85	1181.98	19.16	14.71
1000	1020×6	80	461.93	1272.19	23.51	14.15	125	540.24	1353.10	19.00	12.51
	1020×9	80	549.45	1353.05	26.28	16.75	125	627.75	1431.36	20.21	14.84
1200	1220×6	80	585.11	1753.11	25.02	14.45	125	676.02	1844.01	20.56	12.84
	1220×8	80	655.12	1815.40	27.24	16.36	125	746.03	1906.30	21.53	14.55
1400	1420×8	80	801.24	2379.00	28.71	16.66	125	904.75	2484.51	23.01	14.86
	1420×10	80	882.63	2451.41	30.51	18.31	122	986.13	2554.92	23.79	16.34
1600	1620×8	80	958.69	3017.97	29.79	16.89	125	1074.79	3134.07	24.34	15.01
	1620×10	80	1051.68	3100.71	31.93	18.60	125	1167.79	3216.81	25.19	16.64

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-22 装置外不保温管道基本跨距

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道计算质量/(kg/m)		管道基本跨距/m			
				管道设计温度 $t\leqslant200℃$		管道设计温度 $t\leqslant350℃$	
		气体管	液体管	气体管	液体管	气体管	液体管
15	21.25×2.75	1.55	1.74	4.26	4.14	4.18	4.07
	18×2.5	1.18	1.31	3.90	3.80	3.84	3.74
	18×3	1.36	1.47	3.86	3.79	3.79	3.71
20	26.75×2.75	2.04	2.38	4.62	4.64	4.74	4.56
	25×2.5	1.74	2.04	4.67	4.84	4.59	4.41
	25×3	2.02	2.29	4.63	4.49	4.55	4.41
25	33.5×3.25	3.05	3.60	5.41	5.19	5.31	5.10
	32×2.5	2.32	2.87	5.32	5.04	5.22	4.93
	32×3.5	3.07	3.54	5.26	5.08	5.17	4.99
32	42.25×3.25	3.99	4.95	6.11	5.79	6.00	5.66
	38×2.5	2.83	3.65	5.81	5.42	5.71	5.29
	38×3.5	3.75	4.48	5.77	5.52	5.67	5.42
40	48×3.5	4.93	6.19	6.52	6.16	6.40	6.01
	45×3	4.62	5.16	6.32	5.93	6.21	5.77
	45×3.5	4.57	5.66	6.30	5.98	6.19	5.85
50	60×3.5	6.38	8.50	7.30	6.80	7.18	6.55
	57×3.5	6.01	7.90	7.12	6.65	6.99	6.43
	57×4	6.73	8.54	7.11	6.70	6.98	6.52
70	73×3.75	8.83	12.32	8.19	7.54	8.05	7.18
	76×4	9.39	12.88	8.22	7.60	8.08	7.27
	76×6	13.20	16.29	8.19	7.77	8.05	7.61
80	88.9×4	11.22	16.11	8.86	8.10	8.71	7.66
	89×4	11.30	16.24	8.89	8.12	8.73	7.67
	89×6	15.85	20.32	8.89	8.35	8.73	8.12
100	114×4	15.14	23.60	10.02	8.97	9.85	8.27
	108×4	14.19	21.73	9.77	8.78	9.59	8.15
	108×6	19.85	26.79	9.80	9.09	9.63	8.74
125	140×4.5	21.28	34.21	11.08	9.84	10.89	8.99
	133×4	18.21	29.99	10.78	9.47	10.59	8.63
	133×6	25.31	36.34	10.87	9.93	10.68	9.38
150	168×4.5	25.96	44.30	11.97	10.30	11.76	9.38
	159×4.5	24.81	44.77	11.77	10.20	11.56	9.30
	159×6	31.24	47.52	11.85	10.67	11.65	9.92
200	219×6	45.89	78.18	13.80	11.88	13.55	10.82
	219×8	57.72	88.77	13.90	12.48	13.66	11.57
250	273×6	60.24	111.58	15.27	12.50	15.00	11.39
	273×8	75.18	124.95	15.44	13.48	15.17	12.29
	273×10	89.89	138.12	15.52	13.94	15.25	12.92
300	325×6	75.10	148.93	16.51	12.94	16.22	11.79
	325×8	93.03	164.99	16.74	14.07	16.45	12.82
	325×10	110.74	180.84	16.87	14.89	16.57	13.56

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道计算质量/(kg/m)		管道基本跨距/m			
				管道设计温度 $t\leqslant200℃$		管道设计温度 $t\leqslant350℃$	
		气体管	液体管	气体管	液体管	气体管	液体管
350	377×6	90.97	191.37	17.63	13.30	17.32	12.12
	377×8	111.91	210.12	17.91	14.54	17.59	13.25
	377×10	132.61	228.66	18.08	15.46	17.76	14.09
400	426×6	106.86	236.03	18.58	13.57	18.25	12.36
	426×8	130.63	257.31	18.92	14.90	18.59	13.57
	426×10	154.16	278.38	19.13	15.90	18.79	14.49
450	480×6	125.42	290.46	19.55	13.81	19.15	12.52
	480×10	178.95	338.41	20.19	16.31	19.84	14.87
	486×12	205.36	362.06	20.36	17.17	19.99	15.64
500	530×6	143.89	345.80	20.37	14.00	19.80	12.76
	530×9	188.14	385.70	20.98	16.10	20.62	14.67
	530×12	232.18	425.13	21.30	17.56	20.93	15.00
600	630×6	182.75	470.56	21.87	14.31	20.92	13.04
	630×9	235.95	518.21	22.62	16.58	22.22	15.11
700	720×6	221.21	598.96	23.06	14.52	21.77	13.23
	720×9	282.20	653.59	23.49	16.92	23.46	15.41
800	820×6	267.53	759.53	24.26	14.71	22.58	13.40
	820×9	337.17	821.89	25.27	17.22	24.50	15.69
900	920×6	317.61	938.93	25.36	14.86	23.28	13.54
	920×9	395.91	1009.94	26.49	17.47	25.41	15.92
1000	1020×6	323.91	1137.17	27.27	14.98	25.58	13.65
	1020×9	411.42	1215.03	28.37	17.67	27.68	16.10
1200	1220×6	422.18	1590.17	29.22	15.18	26.84	13.83
	1220×8	492.19	1652.46	30.18	17.15	28.63	15.63
1400	1420×8	613.40	2191.16	32.03	17.36	29.89	15.82
	1420×10	694.78	2263.57	32.79	19.05	31.34	17.36
1600	1620×8	745.93	2805.21	33.68	17.52	30.96	15.96
	1620×10	838.93	2887.95	34.55	19.27	32.58	17.56

表 26-23 装置外保温管道基本跨距

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道设计温度 $t\leqslant200℃$					管道设计温度 $t\leqslant350℃$				
		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m	
					气体管	液体管				气体管	液体管
25	33.5×3.25	45	9.54	10.09	3.44	3.31	65	14.06	14.01	2.50	2.53
	32×2.5	45	8.70	9.25	3.11	3.01	65	13.18	13.73	2.30	2.25
	32×3.5	45	9.45	9.92	3.36	3.28	65	13.93	14.40	2.52	2.48
32	42.25×3.25	50	12.24	13.20	3.95	3.81	65	15.91	16.88	3.16	3.07
	38×2.5	50	10.72	11.55	3.39	3.27	65	14.31	16.14	2.67	2.60
	38×3.5	50	11.65	12.37	3.70	3.59	65	15.24	15.96	2.94	2.88

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道设计温度 $t\leqslant200℃$					管道设计温度 $t\leqslant350℃$				
		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m	
					气体管	液体管				气体管	液体管
40	48×3.5	50	13.64	14.91	4.44	4.25	70	18.85	20.12	3.44	3.33
	45×3	50	12.49	13.63	4.07	3.89	70	17.61	18.75	3.12	3.02
	45×3.5	50	13.04	14.13	4.23	4.06	70	18.16	19.25	3.26	3.17
50	60×3.5	50	16.09	18.21	5.23	4.91	70	21.63	23.75	4.11	3.92
	57×3.5	50	15.47	17.36	5.04	4.76	70	20.93	22.82	3.95	3.78
	57×4	50	16.19	18.00	5.20	4.93	70	21.65	23.46	4.10	3.93
70	73×3.75	55	21.21	24.70	6.01	5.57	75	27.47	30.95	4.81	4.53
	76×4	55	21.82	25.30	6.13	5.69	75	28.09	31.57	4.92	4.64
	76×6	55	25.62	28.71	6.66	6.29	75	31.89	34.98	5.44	5.19
80	88.9×4	55	24.77	29.65	6.78	6.19	80	33.22	38.10	5.33	4.98
	89×4	55	24.89	29.83	6.80	6.21	80	33.35	38.30	5.35	5.00
	89×6	55	29.44	33.91	7.40	6.90	80	37.91	42.38	5.94	5.62
100	114×4	60	32.69	41.16	7.76	6.88	80	40.31	48.77	6.33	5.76
	108×4	60	31.17	38.71	7.46	6.70	80	38.62	46.15	6.11	5.59
	108×6	60	36.82	43.77	8.18	7.50	80	44.27	51.21	6.79	6.32
125	140×4.5	60	41.34	54.27	8.98	7.84	85	49.68	62.62	7.46	6.65
	133×4	60	37.60	49.38	8.46	7.38	85	47.96	53.74	6.82	6.11
	133×6	60	44.70	55.73	9.29	8.32	85	55.06	66.09	7.62	6.96
150	168×4.5	60	48.44	66.78	9.85	8.39	90	62.52	80.76	7.90	6.95
	159×4.5	60	46.71	63.67	9.65	8.26	90	60.44	77.40	7.73	6.83
	159×6	60	53.14	69.42	10.30	9.01	90	66.87	88.15	8.36	7.59
200	219×6	65	76.12	108.40	12.04	10.10	95	92.79	125.08	9.93	8.56
	219×8	65	87.94	118.99	12.51	10.961	95	104.61	135.67	10.65	9.36
250	273×6	65	96.06	147.40	13.47	10.87	95	115.00	166.34	11.21	9.33
	273×8	65	111.00	160.77	14.00	11.89	95	129.94	179.91	12.05	10.25
	273×10	65	125.71	173.94	14.27	12.64	95	144.65	192.88	12.63	10.93
300	325×6	70	119.65	193.48	14.44	11.36	100	141.19	215.02	12.11	9.82
	325×8	70	137.58	209.54	15.18	12.48	100	159.13	231.08	13.05	10.83
	325×10	70	158.71	228.81	15.42	13.23	100	176.83	246.96	13.72	11.61
350	377×6	70	141.27	241.67	15.48	11.83	100	165.00	265.40	13.05	10.29
	377×8	70	162.21	260.42	16.33	13.06	100	185.94	284.15	14.08	11.39
	377×10	70	182.81	278.96	16.68	13.99	100	206.64	302.69	14.81	12.24
400	426×6	70	162.58	291.74	16.35	12.20	105	192.91	322.07	13.67	10.58
	426×8	70	186.34	313.02	17.31	13.51	105	216.67	343.35	14.79	11.75
	426×10	70	209.87	334.10	17.71	14.51	105	240.20	364.42	15.60	12.66
450	480×6	70	187.11	352.17	17.21	12.54	105	220.09	385.14	14.46	10.93
	480×10	70	240.64	400.10	18.75	15.00	105	273.61	433.01	16.53	13.14
	480×12	70	287.05	423.86	19.07	15.87	105	300.02	456.73	17.19	13.93

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管子公称直径/mm	外径×壁厚/mm×mm	管道设计温度 $t\leqslant200℃$					管道设计温度 $t\leqslant350℃$				
		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m		保温厚度/mm	气体管道计算质量/(kg/m)	液体管道计算质量/(kg/m)	管道基本跨距/m	
					气体管	液体管				气体管	液体管
500	530×6	70	210.80	413.01	17.94	12.81	105	246.23	448.44	15.12	11.20
	530×9	70	255.36	452.91	19.44	14.86	105	290.78	488.34	16.90	13.04
	530×12	70	299.40	492.34	19.99	16.32	105	334.82	527.78	18.03	14.36
600	630×6	75	266.57	554.39	19.01	13.18	110	307.30	595.20	16.13	11.59
	630×9	75	319.78	602.03	20.96	15.38	110	306.59	642.85	18.11	13.56
700	720×6	75	315.61	693.31	20.00	13.50	110	380.84	738.59	17.04	11.91
	720×9	75	376.61	717.88	22.27	15.81	110	421.83	793.21	19.19	13.99
800	820×6	75	373.69	865.68	20.97	13.78	110	423.81	915.81	17.94	12.20
	820×9	75	443.33	928.05	23.45	16.21	110	493.95	978.17	20.20	14.38
900	920×6	75	435.53	1056.84	21.82	14.01	110	490.55	1111.87	18.73	12.44
	920×9	75	513.82	1126.95	24.48	16.53	110	568.85	1181.98	21.20	14.71
1000	1020×6	80	461.83	1275.19	23.51	14.15	125	540.24	1353.50	19.81	12.51
	1020×9	80	549.45	1353.05	26.28	16.75	125	627.75	1431.36	22.40	14.84
1200	1220×6	80	585.11	1753.11	25.02	14.45	125	676.02	1844.01	21.21	12.84
	1220×8	80	655.12	1815.40	27.24	16.36	125	746.03	1906.30	23.26	14.55
1400	1420×8	80	801.24	2379.00	28.71	16.66	125	904.75	2484.51	24.61	14.86
	1420×10	80	882.63	2451.41	30.51	18.31	122	986.13	2554.92	26.30	16.34
1600	1620×8	80	958.69	3017.97	29.79	16.89	125	1074.79	3134.07	25.79	15.10
	1620×10	80	1051.68	3100.71	31.93	18.60	125	1167.79	3216.81	27.61	16.64

表 26-24 垂直管道管架最大间距

DN/mm	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
管架最大间距/m	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	8	8.5
DN/mm	150	200	250	300	350	400	450	500	600	
管架最大间距/m	9	10	11	12	12.5	13	13.5	14	15	

表 26-25 水平管道导向架最大间距

DN/mm	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
导向架最大间距/m	10	11	12.7	13	13.7	15.2	18.3	19.8	22.9	23.5
DN/mm	150	200	250	300	350	400	450	500	600	
导向架最大间距/m	24.4	27.4	30.5	33.5	36.6	38.1	41.4	42.7	45.7	

(4) 有脉动影响的管道的管架间距

有脉动影响的管道的管架间距要以避免管道产生共振为依据来考虑，一般均要在管道基本跨距的基础上减小一相应倍数的距离，该倍数是管道的固有频率和机器的脉动频率的函数，由设计工程师酌情确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.24　地漏的安装尺寸（见图 26-4～图 26-6、表 26-26～表 26-28）

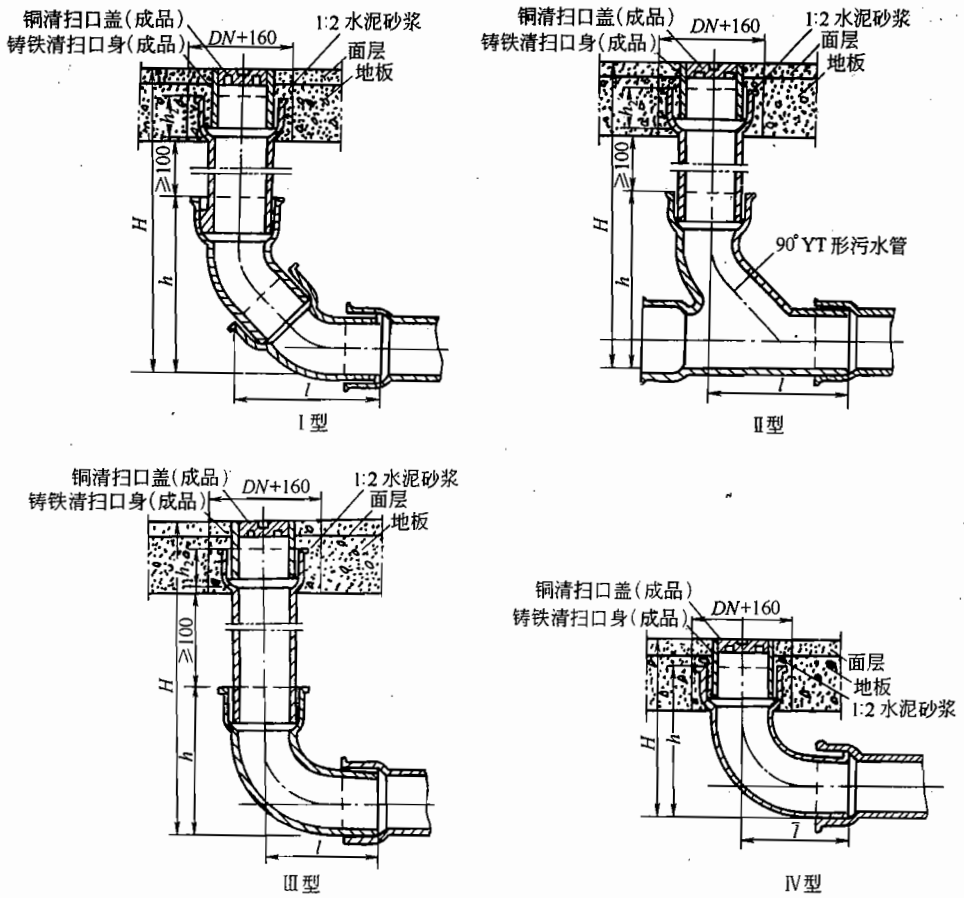


图 26-4　地漏的结构型式

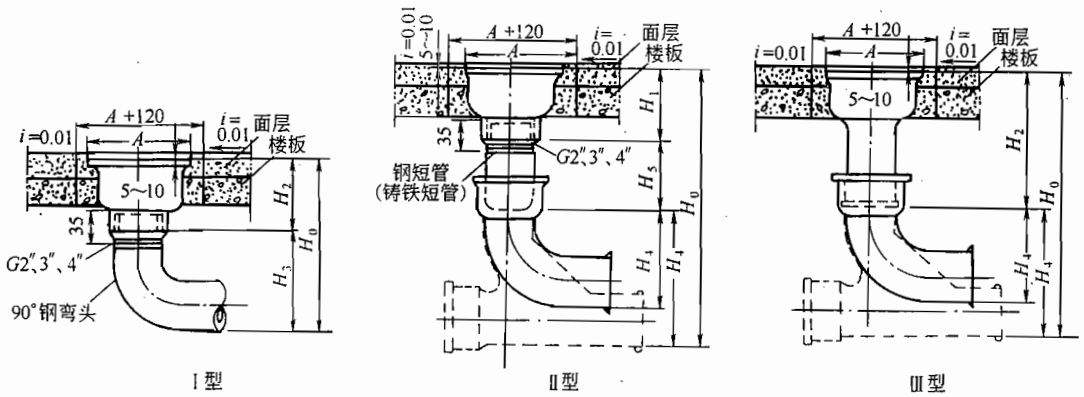


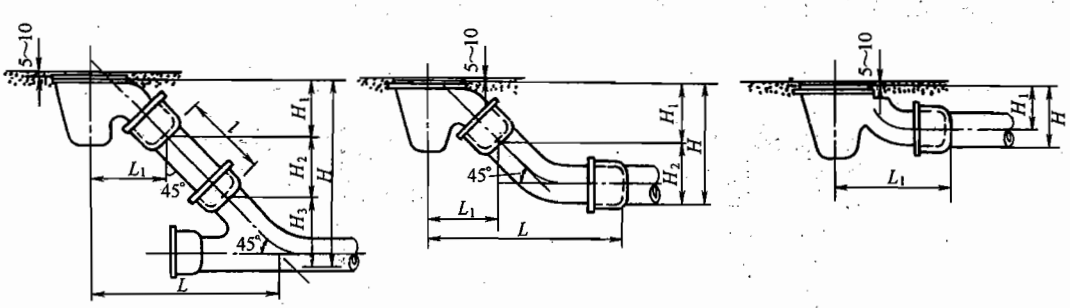
图 26-5　圆形铸铁地漏

注：1. 本图尺寸除管螺纹外，均以 mm 计。

2. H_0 为埋地的最小深度。地漏装设在楼板上，应预留安装孔（$A+120$）；如装设在地面上，应先安装地漏，后做地面。

3. Ⅰ型的 90°弯头，$R \geqslant 1.5D$（管外径），螺纹及其邻近部分要保留适当的直线段。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



Ⅰ型　　Ⅱ型　　Ⅲ型

图 26-6　方形铸铁地漏

表 26-26　地漏安装尺寸　　/mm

DN	h_2	Ⅰ型			Ⅱ型			Ⅲ型			Ⅳ型		
		$H\geqslant$	h	l	$H\geqslant$	h	l	$H\geqslant$	h	l	$H=$	h	l
50	60	450	248	223	400	195	175	390	190	175	220	190	175
75	65	480	283	244	470	273	220	420	220	187	250	220	187
100	70	510	314	264	520	323	264	450	250	210	280	250	210
125	75	540	337	266	570	369	297	480	280	222	310	280	222
150	75	570	371	310	610	413	335	500	305	235	335	305	235

注：1. 清扫口装设在楼板上，应预留安装孔（$DN+160$）；如装设在地面上，应先安装清扫口，后做地面。

2. 资料摘自《全国通用给水排水标准图集》。

表 26-27　圆形铸铁地漏安装尺寸　　/mm

DN	Ⅰ型			Ⅱ型						Ⅲ型				
	$H_0\geqslant$	H_1	$H_3\geqslant$	H_0		H_1	$H_5\geqslant$	H_4		H_0		H_2	H_4	
				三通	弯头			三通	弯头	三通	弯头		三通	弯头
50	285	145	140	390	385	145	110	135	130	435	480	350	135	130
75	359	159	200	482	429	159	115	208	155	558	505	350	208	155
100	423	173	250	546	473	173	120	253	180	603	530	350	253	180

表 26-28　方形铸铁地漏安装尺寸　　/mm

DN	Ⅰ型							Ⅱ型					Ⅲ型		
	H	H_1	H_2	H_3	l	L	L_1	H	H_1	H_2	L	L_1	H	H_1	L_1
50	305	115	70	120	100	320	155	175	115	60	300	155	115	90	240
75	385	140	105	140	150	410	200	220	140	80	360	200	150	110	280
100	455	170	105	180	150	475	240	265	170	95	415	240	180	130	340

表 26-29　车间排水量

名　称	水量/(L/s)	管径 DN/mm	坡度 i	名　称	水量/(L/s)	管径 DN/mm	坡度 i
水槽	0.33	50	0.035～0.025	地漏(小)	0.50	50	0.035～0.025
洗脸盆	0.17	50	0.035～0.025	地漏(大)	10	100	0.020～0.012

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-30 卫生设备配置数量 /个

名 称	同时使用率	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
盥洗盆	60%	5	10	16	33	50	83
	80%	4	7	12	25	37	62
	100%	3	6	10	20	30	50
淋浴	100%	1	3	6	10	16	30
抽水马桶		3	16	20	40	60	100

注：本表应用示例：当同时使用率为 60%时，*DN*15 的管子可装 5 个盥洗盆，其中 3 个可同时使用。

1.25 车间排水（见表 26-29）

1.26 支管上卫生设备配置数量（见表 26-30）

1.27 环焊缝间距

① 直管段上两相邻环焊缝的中心间距：

a. 对于公称直径小于 50mm 的管道，不应小于 3 倍管壁厚，且不小于 50mm；

b. 对于公称直径大于或等于 50mm 的管道，不应小于 100mm。

② 环焊缝及需热处理的焊缝距支、吊架边缘的净距应大于焊缝宽度的 5 倍，且不得小于 100mm。

2 装置（车间）内管道设计的依据和要求

2.1 设计依据

在下列图表提供后可以开展配管设计。

① 管道仪表流程图（即 P&ID）和公用工程系统流程图。

② 工程设计规范、规定及管路等级表。

③ 设备平、立面布置图，设备基础图和支架图。

④ 设备简图、询价图及定型设备样本或详细安装图。

⑤ 仪表变送器位置图及电气、仪表的电缆槽架条件。

⑥ 设备一览表。

⑦ 建（构）筑物平、立面图（条件版）。

⑧ 仪表条件图（或数据表）。

⑨ 相关专业的条件。

⑩ 管道界区条件表。

2.2 基本要求

① 符合 P&ID 以及工艺对配管的要求。

② 进出装置的管道应与外管道连接相吻合。

③ 孔板、流量计、压力表、温度计及变送器等仪表在管道上安装位置应符合工艺要求，并注上具体位置尺寸。

④ 管道与装置内的电缆、照明灯分区行走。

⑤ 管道不挡吊车轨及不穿吊装孔，不穿防爆墙。

⑥ 管道应沿墙、柱、梁敷设，并应避开门、窗。

⑦ 管道布置应保证安全生产和满足操作、维修方便及人货道路畅通。

⑧ 操作阀高度以 800～1500mm 为妥。

⑨ 取样阀的设置高度应在 1000mm 左右，压力表、温度计设置在 1600mm 左右为妥。

⑩ 管道布置应整齐美观，横平竖直，纵横错开，成组成排布置。

3 装置（车间）内管道设计的分区原则和绘制方法

(1) 分区原则

装置（车间）内管道平面布置图按所给的比例不能在一张图纸上绘制完成时，需将装置（车间）分区进行管道设计。为了了解分区情况，方便查找，应绘制分区索引图。

以区为基本单位，将装置划分为若干区。每一区的范围以使该区的管道平面布置图能在一张图纸上绘制完成为原则。

(2) 绘制方法

装置（车间）分区图如图 26-7 所示，利用设备布置图添加分区界线，注明该界线坐标及各区的编号。分区界线用粗双点划线（线宽 0.9～1.2mm 表示）。分区号应写在分区界线的右下角 16mm×6mm 矩形框内，字高为 4mm。

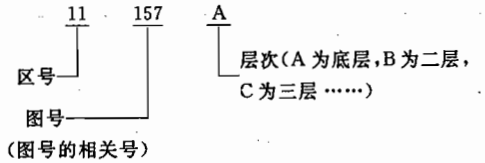
分区索引图可利用设备布置图复制而成，作为管道布置图的首页图，为设计文件之一，或在管道布置图的右上角用缩小的并加阴影线的索引图表示该图所在区的位置。

装置内地下管道及蒸汽伴管的分区与地上管道相同。

分区号的编写应体现以下三个内容：分区号；配管图图号；图纸的层次（标高）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

例：



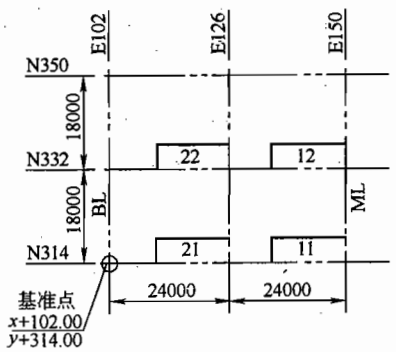


图 26-7 装置（车间）分区图

4 管道设计的一般原则

① 管道应成列平行敷设，尽量走直线少拐弯（因作自然补偿、方便安装、检修、操作除外），少交叉以减少管架的数量，节省管架材料并做到整齐美观便于施工。

整个装置（车间）的管道，纵向与横向的标高应错开，一般情况下改变方向同时改变标高。

② 设备间的管道连接，应尽可能的短而直，尤其用合金钢的管道和工艺要求压降小的管道，如泵的进口管道。加热炉的出口管道、真空管道等，又要有一定的柔性，以减少人工补偿和由热胀位移所产生的力和力矩。

③ 当管道改变标高或走向时，尽量做到“步步高”或“步步低”，避免管道形成积聚气体的“气袋”或积聚液体的“液袋”和“盲肠”，如不可避免时应于高点设放空（气）阀，低点设放净（液）阀。

④ 不得在人行通道和机泵上方设置法兰，以免法兰渗漏时介质落于人身上而发生工伤事故。输送腐蚀介质的管道上的法兰应设安全防护罩。

⑤ 易燃易爆介质的管道，不得敷设在生活间、楼梯间和走廊等处。

⑥ 管道布置不应挡门、窗，应避免通过电动机、配电盘、仪表盘的上空，在有吊车的情况下，管道布置应不妨碍吊车工作。

⑦ 气体或蒸汽管道应从主管上部引出支管，以减少冷凝液的携带，管道要有坡向、以免管内或设备内积液。

⑧ 由于管法兰处易泄漏，故管道除与法兰连接的设备、阀门、特殊管件连接处必须采用法兰连接外，其他均应采用对焊连接（$DN \leqslant 40$mm 用承插焊连接或卡套连接）。

公用系统管道 $PN \leqslant 0.8$MPa，$DN \geqslant 50$mm 的管道除法兰连接阀门和设备接口处采用法兰连接外，其他均采用对焊连接（包括焊接钢管）。但对镀锌焊接管除特别要求外，不允许用焊接，$DN < 50$mm 允许用螺纹连接（若阀门为法兰时除外），但在阀与设备连接之间，必须要加活接头以便检修。

⑨ 不保温、不保冷的常温管道除有坡度要求外，一般不设管托；金属或非金属衬管道，一般不用焊接管托而用卡箍型管托。对较长的直管要使用导向支架，以控制热胀时可能发生的横向位移。为避免管托与管子焊接处的应力集中，大口径和薄壁管常用鞍座，以利管壁上应力分布均匀，鞍座也可用于管道移动时可能发生旋转之处，以阻管道旋转。

管托高度应能满足保温、保冷后，有 50mm 外露的要求。

⑩ 采用成型无缝管件（弯头、异径管、三通）时，不宜直接与平焊法兰焊接（可与对焊法兰直接焊接），其间要加一段直管，直管长度一般不小于其公称直径，最小不得低于 100mm。

5 主管设计

① 设计装置（车间）内主管时应对装置内所有管道（工艺管道、公用系统管道）、仪表电缆、动力电缆、采暖通风管道统一规划，各就其位。

② 装置（车间）内主管布置可分为环状和树枝状两种，根据装置的大小和设备布置情况来选择。

长条形的装置，宽度不大于 15m 时，可选用树枝状布置（见图 26-8），将主管布置在两柱子中间、设柱吊架于梁侧，支管从主管接出后，向两边接至各设备。

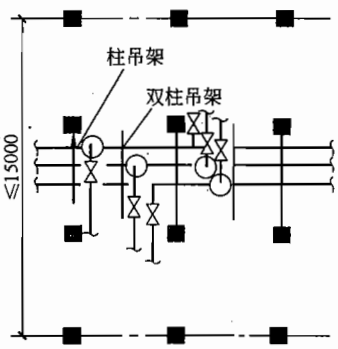


图 26-8 树枝状布置

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

方形装置（车间）或宽度不大于 18m 时可选择环状布置（见图 26-9），此时环状管径应与进入主管径一致，以保证流量。环状主管布置将管道沿四周柱子设计，使四周的主管接至设备都为最近，其管架可直接抱箍在柱子上，也可选用柱吊架，在两柱中间增设双柱吊架，以使每 3m 有一管架，保证小口径管道的管架间距。

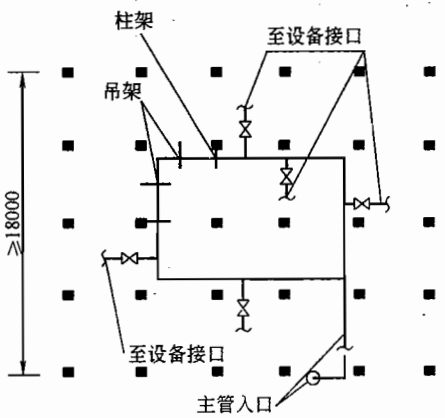


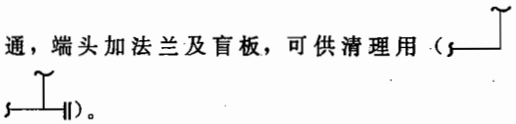
图 26-9 环状布置

③ 在主管的末端或环状管的中间设置附带阀门的排净口，且加法兰盲板（供排净用，口径为 *DN*20）。

④ 当装置（车间）为多层结构时，进入每层的主管尽可能在同一个坐标方位和不同的高度（有利于安装维修和管理），且设置切断阀，以便各层维修时互不影响。在垂直管的最低点气、液相管均应设排净口（附 *DN*20 放净阀）。垂直管在每层楼板处设支承管架或管箍，以支承竖管重量。注意切勿设于屋顶排水管的位置（应与建筑专业协商解决）。

⑤ 绘制主管管道布置图时应将空间区域进行规划，与仪表、配电等专业划分空间或区域，以减少碰撞。如可将空间划分为几个标高，如 4.2m 以下、4.2m 以上和 4.8m 以上。可将 4.2m 以下划为工艺配管用，4.2m 以上划给电和仪表用，4.8m 以上可作公用管道用，这样可以减少碰撞。楼板面的排水是依靠地漏排水，所以 4.8m 以上可供公用管道专用，4.2m 以下，可以有 2m 的空间供工艺配管用，可设 2～4 层管子，其宽度控制在 2m 左右。

⑥ 配管设计时管路应尽量靠拢，管子间距取整数 200mm、250mm 或 300mm 等，也可参照管路间距表，但必须保证施工间距。物料管道应设置在管架的上层即第一层，对热介质除保温外还应与冷介质隔开，防止互相影响。一般热介质设在上层、冷介质设在下层，公用系统主管设在下层。

主管布置时大口径管道应靠在吊架处，小口径管道可设在吊架中间，对易堵介质可在转弯处采用三通，端头加法兰及盲板，可供清理用（改）。

⑦ 根据工艺要求设置公用工程站，每个站的管道均从主管引出，应尽量靠近服务对象布置，并以站为圆心，以 15m 为半径（软管长 15m）画圆，这些圆应覆盖装置（车间）内所有服务对象。每个站一般情况均设有低压蒸汽、压缩空气、氮气和水管道，并设 *DN*20 切断阀门，集中设置在+1.00m 标高处，配 15m 带快速接头的软管，有特殊要求时应设置淋浴及洗眼器，在淋浴及洗眼器附近设地漏及时排除洗涤水。

⑧ 一般主管架沿梁敷设，管架可设在梁侧，在遇柱子时可在柱子侧面预埋钢板，设管架作柱吊架时可承受较大载荷。管架也可沿操作台铺设，一般在操作台旁或操作台下，管架与操作台可用螺栓连接或焊接。

6 管道布置图的绘制

6.1 一般规定

① 管道布置图图幅一般采用 *A*0，比较简单的也可采用 *A*1 或 *A*2，同区的图宜采用同一种图幅，图幅不宜加长或加宽。同一个装置（车间）也不应采用多种图幅。

② 用比例为 1∶25、1∶30、1∶50，也可用 1∶100，但同区的或各分层的平面图应采用同一比例。

③ 管道布置图中标高、坐标以米为单位，其他尺寸（如管段长度、管道间距）以毫米为单位，只注数字，不注单位。管道公称直径以毫米表示，如采用英制单位时应加注英寸符号如：2″、3/4″。

④ 尺寸线始末应标绘箭头，或打杠，不按比例画图的尺寸应在尺寸数字下面画一道横线（轴测图除外）。尺寸一般写在尺寸线的上方中间，并且平行于尺寸线。

⑤ 在平面布置图的右上角应绘制一个与设备布置图设计方向一致的方向标。在每张管道布置图标题栏上方用缩小的并加阴影线的分区索引图（见图 26-7）表示本图所在装置的位置。

⑥ 每张管道布置图均应独立编号，一套图纸用同一个编号，图纸总张数为分母，顺序号为分子，如 I-1234-1/3、I-1234-2/3、I-1234-3/3。

6.2 设计规定

图线宽度及字体规定按 HG/T 20549—1998 规定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

管道布置图和轴测图上管子、管件、阀门及管道特殊件图例按 HG/T 20549—1998 规定。

管道布置图上用的图例按 HG 20546—1992。

管道常用缩写词按 HG 20519·27—2007。

6.3 管道平立面布置图的绘制方法

① 对于多层建（构）筑物，建（构）筑物的管道平面布置图应分层绘制，如在一张图纸上绘制几层平面图时，应从最底层起在图纸上由下至上或由左至右依次排列，并于平面图下注明 El. +××.××平面图。

② 管道平面布置图按比例用细实线绘出建（构）筑物柱梁、楼板、门、窗、楼梯、管沟等。根据设备布置图画出设备、操作台，安装孔、吊车梁等，画出电缆桥架、电缆沟、仪表管缆等外形尺寸并标出底面标高，标注建（构）筑物的轴线号、轴线间的尺寸，标注地面、楼面、平台面、吊车梁底面的标高以及生活间和辅助间的组成。

③ 按设备布置标注设备的定位尺寸。按设备图（样本或制造厂提供的图纸）标注设备管口或机泵及其他机械设备的管口定位尺寸（或角度）并给定管口符号。按比例画出卧式设备的支撑底座，应标注固定支座的位置及基础的大小，立式容器还应表示出裙座、人孔的位置及标记符号，凡是与工业炉平台有关的柱子及炉子外壳和总管联箱的外形、风道、烟道等均应表示出，并均以细实线绘制。

④ 根据 P&ID 图及公用系统流程图和主管布置图对每台设备作逐根管道的绘制，先绘制物料管，后绘制公用系统管。在平面图上将有关管件（弯头、三通、阻火器、视镜、过滤器）及阀门或阀组按比例及图例作合理的配管设计。对每台设备、每只接管口作出有利于操作的配管设计，如发现某设备接管口需转角度，或需移动位置时，给予合理调整后，重作配管设计。

⑤ 管道平面布置图是指导绘制立面和轴测图的，所以必须精心设计，绘制时除按设计规定外，还应考虑管道支架的固定方式，操作阀组设置形式（水平、垂直及操作方位）。

管道上的检测元件（压力、温度、流量、液面、分析、取样等）在图上用 ϕ10mm 圆表示。圆内按 PID 图检测元件的符号和编号书写，用细实线将检测元件与圆连接。

管道穿操作台和楼板是否碰梁，管道有否碰撞门、窗、照明灯的可能，对设备检修孔的进出和传动部件的维修有否影响，尤其对吊车通道有否挡道，对电缆槽、仪表管缆有否影响，这些都应在设计时一起考虑的。

管道平面图上应将主管位置示出，各支管引出处也应标注，安装定位尺寸与轴测图尺寸应一致，管道平面图上应标注每根管道的支吊架位置，并标上定位尺寸。

⑥ 管道公称直径 $DN\leqslant$300mm 的管道、弯头、三通用粗单实线绘制。$DN\geqslant$350mm 的管道用中粗双实线绘制。物料流向箭头画在中心线上。

⑦ 对于 P&ID 图、管道布置上的特殊件，如消声器、爆破膜、洗眼器、分析设备等，应在管道布置图上用细线 ϕ10mm 圆形标注，在圆内注明标准号或特殊件编号（见图 26-10），对分析取样接口应引至根部阀。

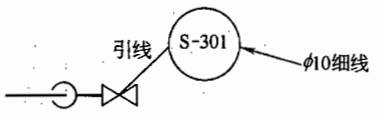


图 26-10 特殊件编号

⑧ 管道平面布置图中表示不清楚的管道，可在图纸四周的空白处用局部放大轴测图（简称详图）表示。该局部放大轴测图也可画在另一张图上。

在管道平面图上需画轴测图时，应在该处适当位置加上标记，其标记箭头为轴测图所视方向，标记编号如图 26-11 所示。并在轴测图下方注明编号及对应管道布置图图号的尾位两位数及网格号，以便查找该轴测图在平面图上的位置（见图 26-12）。

对于放空管及排液管，可在管道平面布置图中该管道的附近标示节点（见图 26-13）。

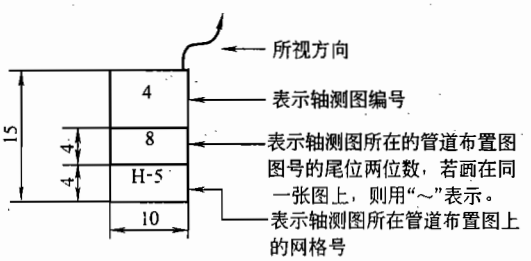


图 26-11 标记编号

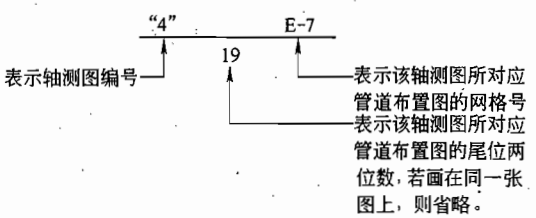


图 26-12

⑨ 管道平面图上分别用剖切线、剖视方向、剖视符号，A—A、B—B 或Ⅰ—Ⅰ、Ⅱ—Ⅱ等表示位置，在同一小区内符号不得重复。如管道繁复、剖面范围内的管道无法全部表示清楚时，可用“剖面纵向范围”符号剖视，对纵向范围外的管道可以从略，剖

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

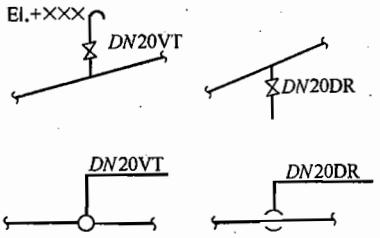


图 26-13　放空管、排液管表示方法

视范围标注如图 26-14 所示。

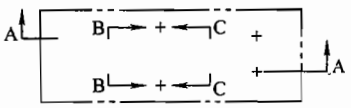


图 26-14　剖视范围标注示意

⑩ 管道立面图或剖面图应将装置结构、梁、柱、门、窗、操作台、设备及传动部件、减速机、仪表盘、变送器等按比例绘制（以细线绘制）。

除设备进出口不标注定位尺寸外，凡管道阀门标高、管道间距、阀门、变头、三通位置均应一一标注其尺寸线。

调节阀组、减压阀组、疏水阀组等均应按比例绘制，并应与管道平面图一致，绘制立面图或剖面图过程中应及时调整或修改平面图，以保持平、立面图和剖面图统一。

对检测元件（如温度计、压力计、流量计）应在立、剖面上示出，注明具体定位尺寸及标高，以及扩大管的规格。

立面图或剖面图可校核管道平面图是否符合实际情况，对门、窗、梁有否碰撞，操作通道宽度、高度是否合适。

在剖面范围内管道也应标注管架具体位置（平面图上无法标出者），并标上定位尺寸，以便校核与平面图是否统一，并确定管架预埋件位置。

⑪ 管道平、立面布置图上应将管道的定位尺寸标注清楚，如管道与设备中心线或建（构）筑物中心线的间距，管道与管道的间距，流量计安装位置的前、后尺寸，温度计、压力计位置高度，供施工用的管道分支的具体尺寸等都必须标注在图中，异径管应标出大头尺寸×小头尺寸，有坡度的管道应标注坡度，如 $i=\frac{0.003}{\rightarrow}$ 及坡向。公用的尺寸都必须标注在图中，为了避免在间隔很小的管道之间标注管道编号，允许用细实线引至空白处集中顺序标注标高的管道号。当管道倾斜时应标注工作点标高（WP El.）并把尺寸引向可以定位的地方，如图 26-15 所示。

⑫ 当管道重叠时，可断开上面管道表示下面管

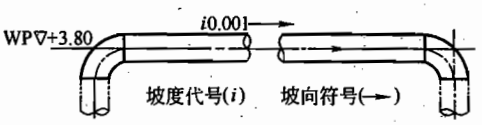


图 26-15　工作点标高与坡度标注

道上的管件。例如为表示下面第四根管道上阀门时，采用断开上面三根管道、即分别断第一、二、三根管道以 —≀、—≀≀、—≀≀≀（左侧）和 ≀≀≀—、≀≀—、≀—（右侧），如图 26-16 所示。这种表示法只有为了表示最下面一根管道上有阀门、管件时采用。如果没有特殊件要表达时，只需如图左侧标注即可全部表达清楚，不必繁复剖切。

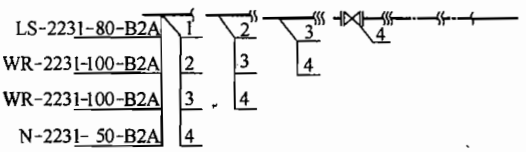


图 26-16　管道断开绘制管件

⑬ 根据 PID 的要求将管路等级分隔符号在管道布置图上表示出具体位置，以供统计材料和施工定位用。

⑭ 管道的标注由介质代号、管道编号、公称直径和管道等级四部分组成，隔热管道还应增加隔热代号（见图 26-17）。

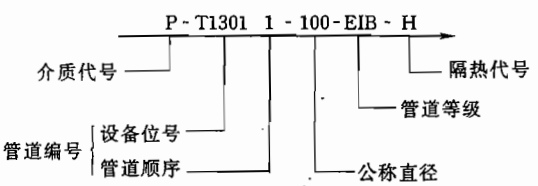
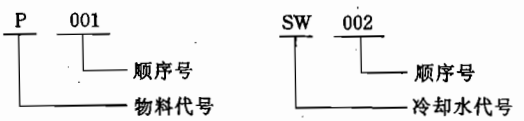


图 26-17　管道标注示意

管道编号可以采用设备位号加一位数字，即每一设备位号后可加 0～9 共 10 个编号，当超过 10 根管道时，可将管道编号列入前或后设备，如 $\frac{\text{T1011}}{\text{设备位号}}$ $\frac{3}{\text{管号}}$ 即可知道是塔 T1011 上的第三根管道。一看此塔流程，即可知道是该塔上的管道。当塔前或后设备的管道均超过 10 根时，可用二位数标示。另一种以同一种物料代号来编号，即



化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

管道布置图一般应按分区索引图所划的区域绘制。区域分界线用细线（0.7mm）表示，仅在区域分界线的四角用粗线（1.2mm），分界线外侧标注相邻图号或边界代号，对角处标注坐标，坐标的基准点（0点）可由项目来定（如以装置的某一端点作为0点），也可按总图坐标来定（见图26-18）。

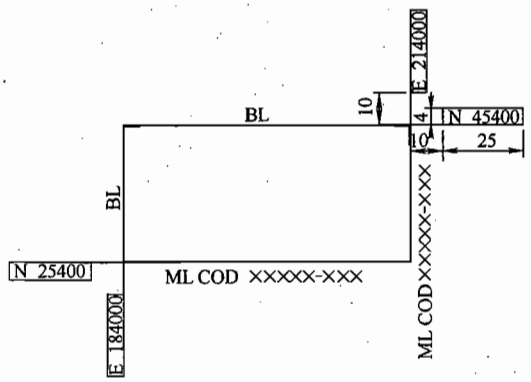


图26-18 管道总图坐标

注：BL—表示装置边界；ML—接续线；COD—接续图

6.4 单元配管设计

6.4.1 塔的配管设计

① 塔周围原则上分操作侧（或维修侧）和配管侧，操作侧主要有臂吊、人孔、梯子、平台；配管侧主要敷设管道用，不设平台，平台是作为人孔、液面计、阀门等操作用（见图26-19）。除最上层外，不需设全平台，平台宽度一般为0.7～1.5m，每层平台间高度通常为6～10m左右。

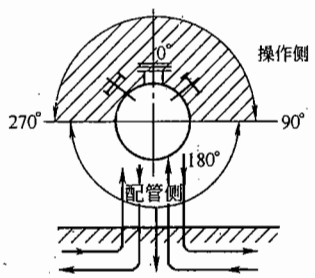


图26-19 单塔的平面布置示意

② 进料、回流、出料等管口方位由塔内结构以及与塔有关的泵、冷凝器、回流罐、再沸器等设备的位置决定（见图26-20、图26-21）。

③ 塔顶出气管道（或侧面进料管道）应从塔顶引出（或侧面引出）沿塔的侧面直线向下敷设。

④ 沿塔敷设管道时，垂直管道应在热应力最小处设固定管架，以减少管道作用在管口的荷载。当塔径较小而塔较高时，塔体一般置于钢架结构中，这时

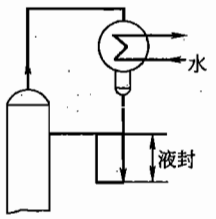


图26-20 回流管

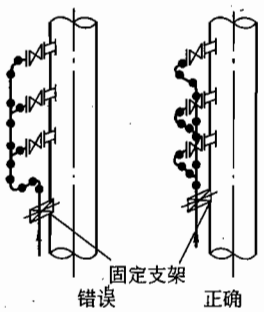


图26-21 进料管

塔的管道就不沿塔敷设，而置于钢架的外侧为宜。

⑤ 塔底管道上的法兰接口和阀门，不应设在狭小的裙座内，以防操作人员在泄漏物料时躲不及而造成事故。回流罐往往要在开工前先装入物料，因此要考虑安装和相应的装料管道。

6.4.2 立式容器的配管设计

① 排出管道沿墙敷设离墙距离可以小些，以节省占地面积，设备间距要求大些，两设备出口管道对称排出，出口阀门在两设备间操作，以便操作人员能进入切换阀门（见图26-22）。

② 排出管在设备前引出。设备间距离及设备离墙距离均可以小些，排出管道经阀门后一般引至地面或地沟或平台下或楼板下（见图26-22）。

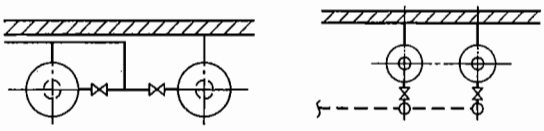


图26-22 排出管敷设

③ 排出管在设备底部中心引出，适用于设备底离地面较高，有足够距离安装与操作阀门。这样敷设管道短，占地面积小，布置紧凑，但限于设备直径不宜过大，否则开启阀门不方便，如图26-23所示。

④ 进入管道为对称安装（见图26-24），适用于需在操作台上安置启闭阀门的设备。

⑤ 进入管敷设在设备前部，适用于能站在地（楼）面上操作阀门（见图26-25）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

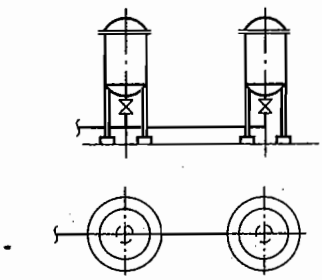


图 26-23　排出管在设备底部中心引出

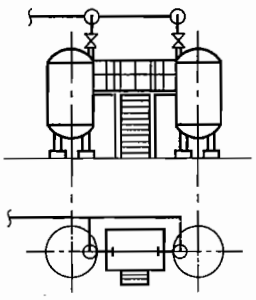


图 26-24　进入管道对称安装

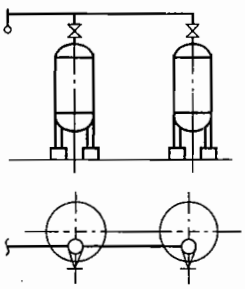


图 26-25　进入管敷设在设备前部

⑥ 站在地面上操作的较高进（出）料管道的阀门敷设方法见图 26-26。最低处必须设置排净阀。卧式槽的进出料口位置应分别在两端，一般进料在顶部、出料在底部。

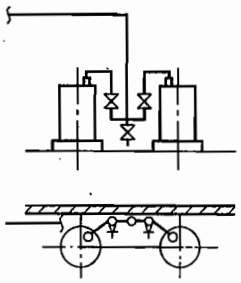


图 26-26　站在地面操作的较高设备的进入管道

6.4.3　泵的配管设计

① 泵体不宜承受进出口管道和阀门的重量，故进泵前和出泵后的管道必须设支架，尽可能做到泵移走时不设临时支架。

② 吸入管道应尽可能短且少拐弯（弯头要用长曲率半径的），避免突然缩小管径。

③ 吸入管道的直径不应小于泵的吸入口。当泵的吸入口为水平方向时，吸入管道上应配置偏心异径管；当吸入管从上而下进泵时，宜选择底平异径管；当吸入管从下而上进泵时，宜选择顶平异径管（见图 26-27）；当吸入口为垂直方向时，可配置同心异径管；当泵出、入口皆为垂直方向时，应校核泵出入口间距是否大于异径管后的管间距，否则宜采用偏心异径管，平端面对面。

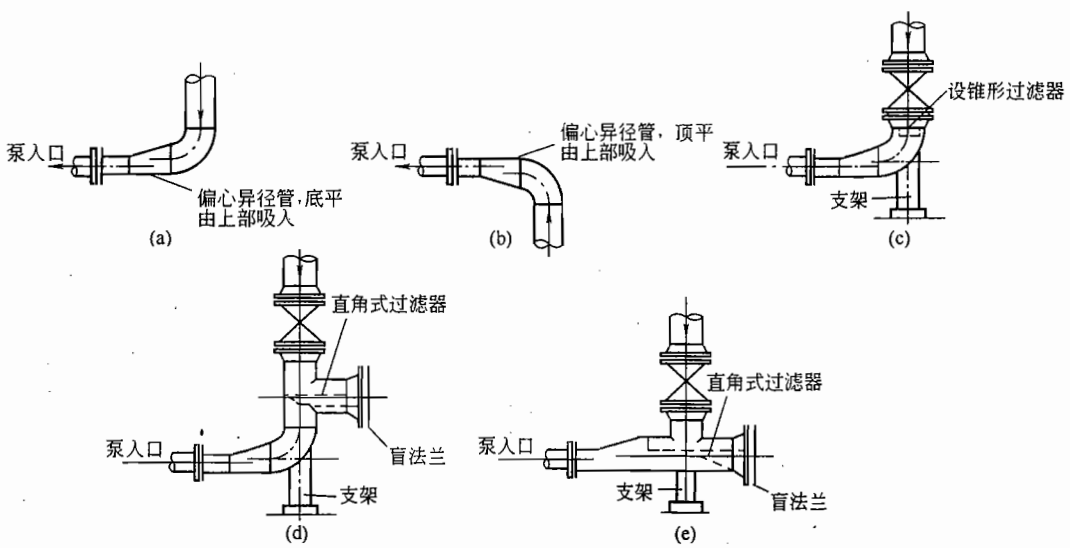


图 26-27　泵的吸入管道布置

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

④ 吸入管道要有约 2/100 的坡度，当泵比水源低时坡向泵，当泵比水源高时则相反。

⑤ 如果要在双吸泵的吸入口前装弯头，必须装在垂直方向，使流体均匀入泵（见图 26-28）。

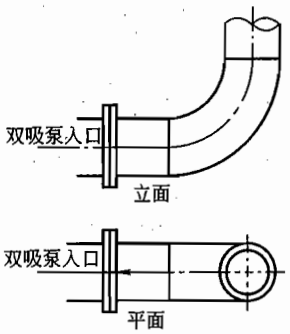


图 26-28 双吸泵吸入口的弯头

⑥ 泵的排出管上应设止回阀，防止泵停时物料倒冲。止回阀应设在切断阀之前，停车后将切断阀关闭，以免止回阀阀板长期受压损坏。往复泵、旋涡泵、齿轮泵一般在排出管上（切断阀前）设安全阀（齿轮泵一般随带安全阀），防止因超压发生事故。安全阀排出管与吸入管连通，如图 26-29(b) 所示。

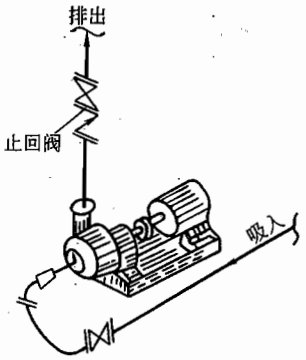
⑦ 悬臂式离心泵的吸入口配管应给予拆修叶轮的方便，如图 26-29(a) 所示。

⑧ 蒸汽往复泵的排汽管应少拐弯，不设阀门，在可能积聚冷凝水的部位设排放管，放空量大的还要装设消声器，乏气应排至户外安全地点，进汽管应在进汽阀前设冷凝水排放管，防止水击汽缸。

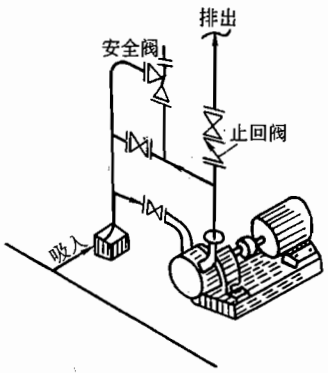
⑨ 蒸汽往复泵，计量泵、非金属泵离心泵等泵吸入口须设过滤器，避免杂物进入泵内（见图26-27）。

6.4.4 冷换设备的配管设计

① 冷换设备管道的布置应方便操作和不妨碍设备的检修不应影响设备抽出管束或内管。如图 26-30



(a) 悬臂式离心泵的吸入管



(b) 泵排出管道上的旁路及安全阀

图 26-29 泵的吸入、排出管设计

所示。

② 管道和阀门的布置，不应妨碍设备法兰和阀门自身法兰的拆卸和安装。通常在图 26-30 所示的检修范围内不得布置管道和阀门。

③ 冷换设备的基础标高，应满足冷换设备下部管道或管道上的导淋管距平台或地面的净空应大于等于 100mm，如图 26-31 所示。

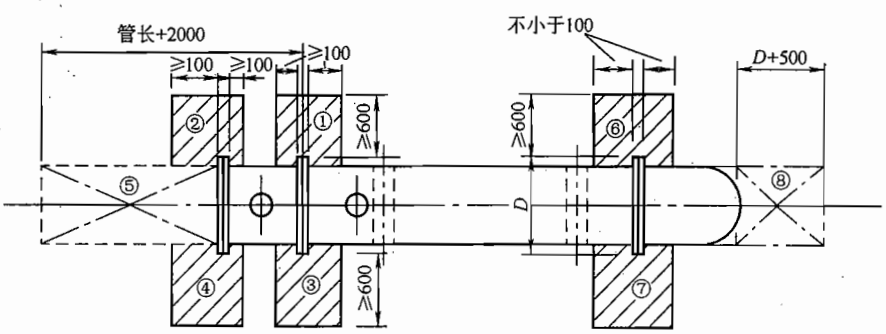


图 26-30 管壳式冷换设备的检修空间示意

注：①～⑧是检修空间，对于 U 形管冷换设备不必考虑⑥～⑧

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

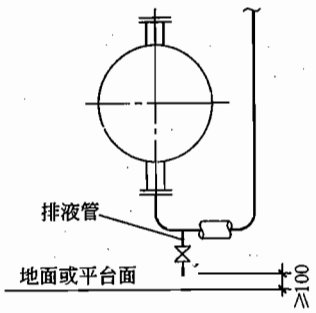


图 26-31　冷换设备下部的管道最小净距

④ 成组布置的冷换设备区域内，可在地面（或平台）上敷设管道，但不应妨碍通行和操作，如图 26-32 所示。

⑤ 两台或两台以上并联的冷换设备的入口管道宜对称布置，对气液两相流的冷换设备，则必须对称布置，典型的布置如图 26-33 所示。

⑥ 冷却器和冷凝器的冷却水，通常从管程下部管组接入，顶部管组接出，这样既符合逆流换热的原则又能使管程充满水。寒冷地区室外的水冷却器上、下水管道应设置排液阀和防冻连通线，如图 26-34 所示。

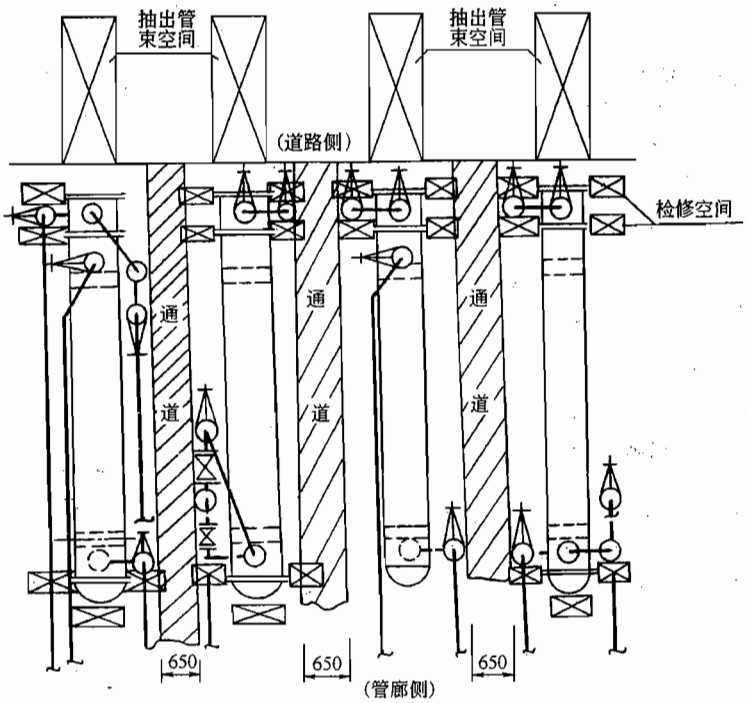


图 26-32　成组冷换设备的管道布置

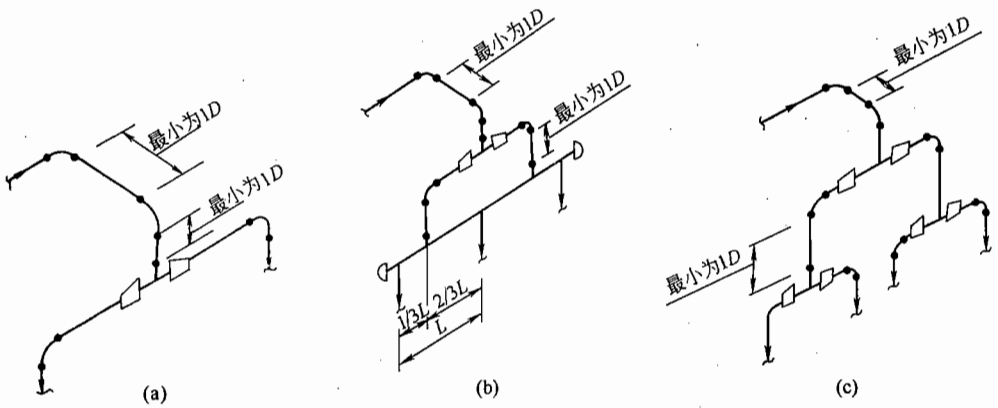


图 26-33　并联的冷换设备入口管道的对称布置示例

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

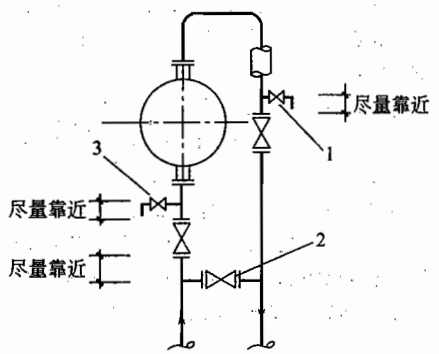


图 26-34 上、下水管道的排液阀布置
1,3—排液阀；2—连通管

6.4.5 压缩机的配管设计

① 离心式和轴流式压缩机的进出口管道布置，在满足热补偿和压缩机管嘴允许受力的条件下，应尽量减少弯头数量，以减少压降。

② 管道设计时应首先按自补偿的方式考虑。当自补偿无法减少压缩机管嘴的推力时，方可在管道上设置补偿器。

③ 厂房内布置的上进、上出的离心式或轴流式压缩机的进出口管道上必须设置可拆卸短节，以便吊车检修压缩机。

④ 离心式或轴流式压缩机进出口均应设置切断阀，出口管道还应设置止回阀，以防压缩机切换或事故停机时物流倒回机体内。

⑤ 压缩机应尽量靠近上游设备，使压缩机入口管道短而直，弯头最小；入口管道上应设置人孔或可拆卸短节，以便安装临时过滤器和清扫管道。

⑥ 多台可燃气体压缩机的各入口管应从总管顶部接出；当吸入介质为饱和气体时，入口管道应保温或伴热；且在入口处设置切断阀，供开、停工使用时，应设置惰性气体置换设施，图 26-35 所示为典型的惰性气体三阀组。

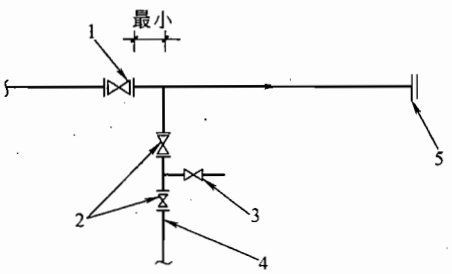


图 26-35 惰性气体三阀组示意
1—压缩机入口切断阀；2—切断阀；3—检查阀；
4—惰性气体管道；5—压缩机入口法兰

⑦ 两台或数台离心式压缩机并联操作时，为减少并机效率损失，以及避免由于每台压缩机的流量与压力不同，管道合流处应按图 26-36 所示连接，以防止“顶牛”现象。

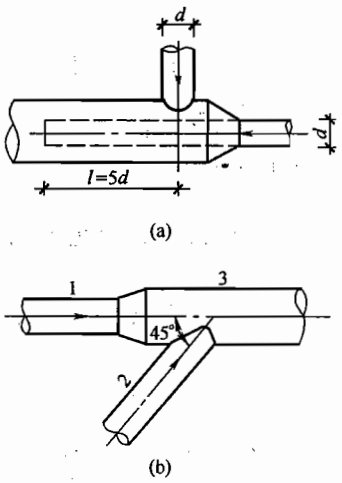


图 26-36 压缩机出口管道合流连接示意
1,2—支管；3—主管

⑧ 可燃气体压缩机的出口管道应以自补偿为原则，不宜设置波纹管补偿器。

⑨ 为防止离心式压缩机的小流时喘振（即飞动），在出管切断阀前应设置反飞动控制管道。

6.4.6 蒸汽轮机的配管设计

蒸汽轮机属于高转速机器，受力敏感，因此在冷、热态情况下，进出口管道作用于蒸汽轮机进出口管嘴上的力和力矩均应小于蒸汽机进出口管嘴所允许承受的力和力矩。

由于蒸汽轮机是精密复杂的机器，因此，蒸汽轮机的进出口管道、疏水管道、润滑油管道的布置均不应妨碍操作及检修。蒸汽轮机进出口的切断阀和疏水阀应尽可能集中布置，以便于操作。

① 入口管道上应有排凝设施，防止凝结水带入透平造成叶片的损坏。

② 入口管道的切断阀应设预热旁通阀。旁通阀的直径要使通过的蒸汽量既能达到预热目的，又不会使透平转动。

③ 背压透平出口管道上应设止回阀，同时在出口切断阀前应设安全阀。

6.4.7 排放管的设计

① 管道最高点应设放气阀，最低点应设放净阀，在停车后可能积聚液体的部位也应设放净阀，所有排放管道上的阀应尽量靠近主管（见图 26-37）。排放管直径见下表。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

/mm

主管直径 DN	排放管直径 DN
≤150	20
>150～200	25
>200	40

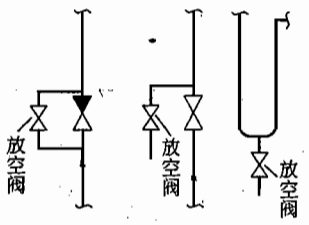


图 26-37　管道上的放净

② 常温的空气和惰性气体可以就地排放；蒸汽和其他易燃、易爆、有毒的气体应根据气量大小等情况确定向火炬排放，或高空排放，或采取其他措施。

③ 水的排放可以就近引入地漏或排水沟；其他液体介质的排放则必须引至规定的排放系统。

④ 设备的放净管应装在底部能将液体排放尽。排气管应在顶部能将气体放尽。放空排气阀最好与设备本体直接连接，如无可能，可装在与设备相连的管道上，但也以靠近设备为宜（见图 26-38）。

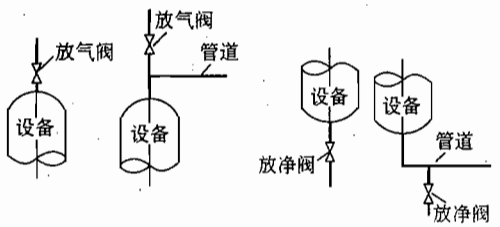


图 26-38　设备的放净和放气阀的放置

⑤ 排放易燃、易爆气体的管道上应设置阻火器。室外容器的排气管上的阻火器宜放置在距排气管接口（与设备相接的口）500mm 处，室内容器的排气必须接出屋顶，阻火器放在屋面上或靠近屋面，便于固定及检修，阻火器至排放口之间距不宜超过 1m。

6.4.8　取样管的设计

① 在设备、管道上设置取样点时，应慎重选择便于操作、取出样品有代表性、真实性的位置。

② 设备上取样。对于连续操作、体积又较大的设备，取样点应设在物料经常流动的管道上。

在设备上设置取样点时，考虑出现非均相状态，因此找出相间分界线的位置后，方可设置取样点。

③ 管道上取样

a. 气体取样。水平敷设管道上的取样点、取样管应由管顶引出。垂直敷设管道上的取样点应与管道成 45°倾斜向上引出。

b. 液体取样。垂直敷设的物料管道如流向是由下向上，取样点可设在管道的任意侧；如流向是由上向下，除非能保持液体充满管道的条件时，否则管道上不宜设置取样点。水平敷设物料管道，在压力下输送时，取样点可设在管道的任意侧；如物料是自流时，取样点应设在管道的下侧。

c. 取样阀启闭频繁，容易损坏，因此取样管上一般装有两个阀，其中靠近设备的阀为切断阀，经常处于开放状态，另一个阀为取样阀，只在取样时开放，平时关闭。不经常取样的点和仅供取设计数据用的取样点，只需装一个阀。阀的大小，在靠近设备的阀，一般选用 $DN15$，第二个阀的大小是根据取样要求决定，可采用 $DN15$、也可采用 $DN6$，气体取样一般选用 $DN6$。

d. 取样阀宜选用针形阀，对于黏稠物料，可按其性质选用适当型式的阀门（如球阀）。

e. 就地取样点尽可能设在离地面较低的操作面上，但不应采取延伸取样管段的办法将高处的取样点引至低处来。设备管道与取样阀间的管段应尽量短，以减少取样时置换该管段内物料的损失和污染。

f. 高温物料取样应装设取样冷却设施。

6.4.9　双阀的设计

① 在需要严格切断设备或管道时，可设置双阀，但应尽量少用，特别在采用合金钢阀或公称直径大于 150mm 的阀门时，更应慎重考虑。

② 在某些间断的生产过程，如果漏进某种介质，有可能引起爆炸、着火或严重的质量事故，则应在该介质的管道上设置双阀，并在两阀间的连接管上设放空阀，如图 26-39 所示。在生产时，阀 1 均关闭，阀 2 打开。当一批生产完毕，准备另一批生产进料时，关闭阀 2，打开阀 1。

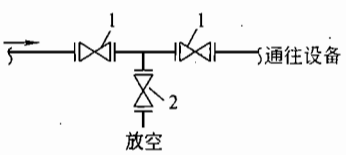


图 26-39　在某些特殊管道上设置双阀

6.4.10　一次仪表的安装和配管设计

(1) 孔板

一般安装在水平管道上，其前后的直管段应满足表 26-31 的基本要求。为方便检修和安装，孔板亦可安装在垂直管道上。孔板测量引线的阀门，应尽量靠近孔板安装。当工艺管道 $DN<50$mm 时，宜将孔板前后直管段范围内的工艺管道扩径到 $DN50$。当调节阀与孔板组装时，为了便于操作一次阀和仪表引线，孔板与地面（或平台面）距离一般取 1.8～2m，安装尺寸参见图 26-40 和表 26-32。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-31 法兰取压孔板前后要求直管段长度

孔板前管件情况	孔板前 d/D						孔板后
	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
弯头、三通、四通、分支	6D	6D	7D	9D	14D	20D	3D
两个转弯在一个平面上	8D	9D	10D	14D	18D	25D	3D
全开闸阀	5D	6D	7D	8D	9D	12D	2D
两个转弯不在一个平面上	16D	18D	20D	25D	31D	40D	3D
截止阀、调节阀、不全开闸阀	19D	22D	25D	30D	38D	50D	5D

注：d—孔板的锐孔直径；D—工艺管道的内径；粗定直管段时一般以 $d/D=0.7$ 为准。

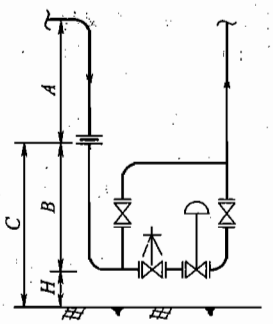


图 26-40 调节阀与孔板组装

表 26-32 调节阀与孔板组装尺寸 /mm

DN	A	B	C	H
50	>700	1400	1800	400
80	>1200	1400	1800	400
100	>1400	1400	1800	400
150	>2000	1300	1800	500
200	>2000	1300	1800	500
250	>2500	1300	1800	500
300	>3000	1500	2000	500
350	>3500	1500	2000	500

(2) 转子流量计

必须安装在垂直、无震动的管道上，介质流向从下往上，安装示意见图 26-41。

为了在转子流量计拆下清洗或检修时，系统管道仍可继续运行。转子流量计要设旁路，同时为保证测量精度，安装时要保证流量计前有 5D 的直管段（D 为工艺管道的内径），且不小于 300mm。

(3) 靶式流量计

可以水平安装或垂直安装，当垂直安装时，介质流向应从下往上，为了提高测量精度，靶式流量计入口端前直管段不应小于 5D，出口端后直管段不应小于 3D，同时靶式流量计应设旁路，以便于调整校表及维修，见图 26-42。当靶式流量计与调节阀一起组装时，典型的安装见图 26-43，安装尺寸见表 26-33。

(4) 常规压力表

应安装在直管段上，并设切断阀，如图 26-44 (a)；使用腐蚀性介质和重油时，可在压力表和阀门间装隔离器；当工艺介质比隔离液重时采用图 26-44 (b)接法；当工艺介质比隔离液轻时，采用图 26-44 (c)接法。高温管道的压力表要设管圈，见图 26-44 (d)，介质脉动的地方，要设脉冲缓冲器，以免脉动传给压力表，见图 26-44 (e)，对于腐蚀性介质应设置隔离膜片式压力表，以免介质进入压力表内，见图 26-44 (f)。压力表的安装高度最好不高于操作面 1800mm。

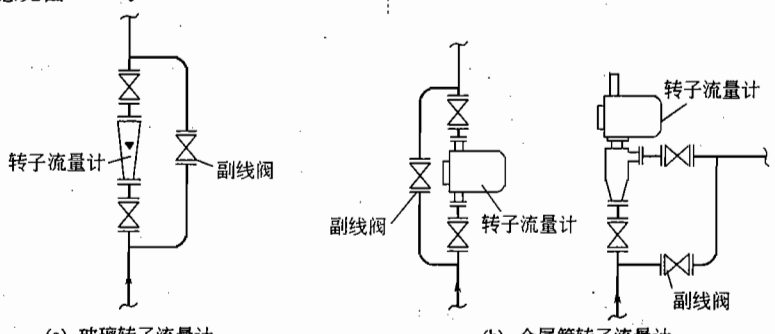
(5) 温度计、热电偶

应安装在直管上，其安装的最小管径为

工业水银温度计 $DN50$

热电偶、热电阻、双金属温度计 $DN80$

压力式温度计 $DN150$



(a) 玻璃转子流量计　　(b) 金属管转子流量计

图 26-41 转子流量计的安装

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

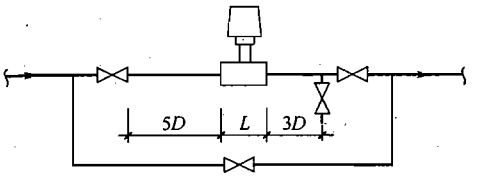


图 26-42　靶式流量计的安装要求

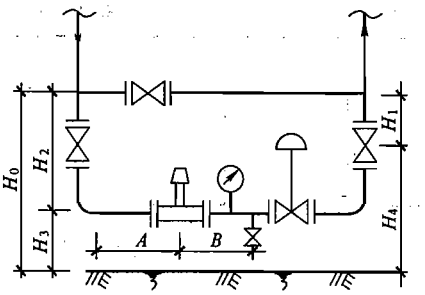


图 26-43　水平管道上的靶式流量计

表 26-33　靶式流量计的安装尺寸　/mm

工艺管道 DN	靶径 d	A	B	L	H_1	H_2	H_3	H_4	H_0
15	15	>300	100	1200	200	800	400	1000	1200
20	20	>300	150	1200	250	900	400	1100	1400
25	25	>300	150	1200	250	1000	400	1150	1400
40	40	>400	200	1500	300	1400	400	1500	1800

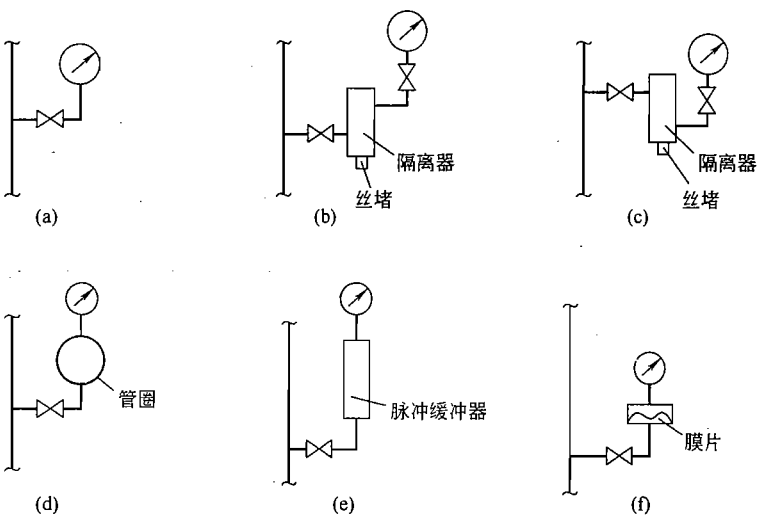


图 26-44　压力表的安装形式

当工艺管道的管径小于以上要求时，可按图 26-45和表 26-34 的尺寸扩大管径。

温度计可垂直安装和倾斜 45°水平安装，倾斜 45°安装时，应与管内流体流动方向逆向接触。

(6) 调节阀的切断阀和旁通阀

可比工艺管道小，如 P&ID 无要求，具体可按表 26-35 选用。常规调节阀组的安装见图 26-46、表 26-36，旁通阀应选用截止阀。

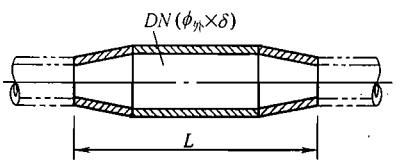


图 26-45　温度计、热电偶的扩大管

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 26-34 温度计、热电偶的扩大管尺寸 L /mm

$\phi_{外}\times\delta$	DN							
	10	15	20	25	32	40	50	65
$\phi60\times3.5$	550	500	500	400	400	400		
$\phi89\times4.5$	550	500	500	500	500	450	450	450

表 26-35 调节阀组隔断阀和旁通阀直径选用 /mm

调节阀 DN	主管 DN										
	15	20	25	40	50	80	100	150	200	250	300
	隔断阀直径/旁通阀直径										
15	15/15	20/20	25/25	40/40							
20		20/20	25/25	40/40	50/50						
25			25/25	40/40	50/50	50/50					
32				40/40	50/50	50/50					
40				40/40	50/50	50/50	80/80				
50					50/50	80/50	80/80	100/100			
65						80/80	100/80	100/100			
80						80/80	100/80	100/100	150/150		
100							100/100	150/100	150/150	200/200	
125								150/150	200/150	200/200	
150								150/150	200/150	200/200	250/250
200									200/200	250/200	250/250
250										250/250	300/250
300											300/300

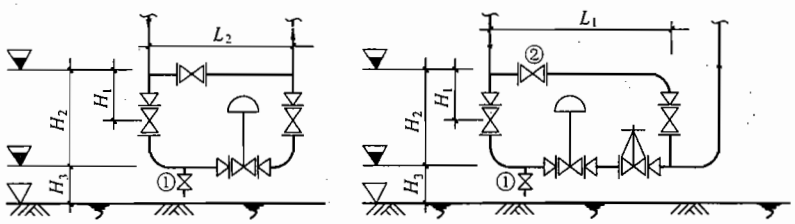


图 26-46 调节阀组安装

① 对于 HF 管道系统，排液阀应设在调节阀后，即出口侧。

② 易凝、有腐蚀性介质旁通阀应设在水平管道上。

表 26-36 调节阀组安装尺寸 /mm

主管 DN	调节阀 DN	隔断阀 DN	副线阀 DN	$H_1$①	H_2		H_3	$L_1$①	L_2
					不带散热片	带散热片			
25	25	25	25	250	1000	1200	400	1000	600
40	25	40	40	250	1000	1200	400	1250	750
40	32	40	40	250	1000	1200	400	1250	750

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

主管 DN	调节阀 DN	隔断阀 DN	副线阀 DN	$H_1$①	H_2		H_3	$L_1$①	L_2
					不带散热片	带散热片			
40	40	40	40	250	1000	1200	400	1150	650
50	25	50	50	300	1000	1200	500	1350	750
50	32	50	50	300	1000	1200	500	1350	850
50	40	50	50	300	1000	1250	500	1350	850
50	50	50	50	300	1000	1250	500	1350	750
80	40	50	50	450	1000	1250	500	1450	850
80	50	80	50	400	1000	1250	500	1350	750
80	65	80	80	400	1250	1500	500	1600	1050
80	80	80	80	350	1250	1500	500	1400	850
100	50	80	80	450	1000	1250	500	1700	1050
100	65	100	80	450	1250	1500	500	1700～1750	1150
100	80	100	80	450	1250	1500	500	1700～1750	1150
100	100	100	100	400	1300	1550	500	1500～1550	950
150	80	100	100	600	1250	1500	500	1900～1950	1150
150	100	150	100	550	1300	1550	600	1950～2050	1500
150	125	150	150	650～700	1450	1700	600	2100～2200	1600
150	150	150	150	650～700	1450	1750	600	2050～2150	1400
200	100	150	150	650～700	1450	1550	600	2200～2300	1500
200	125	200	150	650～700	1700	1800	600	2250～1450	1800
200	150	200	150	650～700	1700	1800	600	2350～2550	1900
200	200	200	200	800～850	1800	1900	600	2250～2450	1600
250	125	200	200	800～850	1800	1900	600	2550～2750	1800
250	150	200	200	800～850	1800	1900	600	2700～2800	1900
250	200	250	200	900～1000	2000	2100	600	2800～3000	2300
250	250	250	250	900～1000	2200	2300	600	2600～2800	1900
300	150	250	250	900～1000	2200	2300	600	3000～3200	2200
300	200	250	250	900～1000	2200	2300	600	3100～3300	2300
300	250	300	250	1000～1150	2350	2450	600	3100～3400	2600
300	300	300	300	1000～1150	2500	2600	600	2850～3100	2200

① H_1、L_1 数字，前面用于 PN1.6、2.5，后面用于 PN4.0 的阀门（调节阀均按 PN6.4 考虑）。

注：主管 $DN \leqslant 100$mm 推荐采用图 26-46（a）形式；主管 $DN \geqslant 150$mm 推荐采用图 26-46（b）形式。

6.4.11 防静电设计

① 静电的产生

a. 生产过程中输送易燃易爆液体或气体的管道。

b. 带粉尘的气体以及固体物料沿管道流动以及从管道中抽出或注入容器。

② 防止静电的措施是将设备和管道安装可靠的接地。在防爆厂房内，最好采用环形接地网，用金属丝或扁钢将各个设备、管道的接地线连接起来。接地可以采用专用的接地装置或利用电气设备的保护接地。

③ 接地总电阻一般不应超过 10Ω。

④ 安装在室内、外用来输送易燃液体或可燃气体、可燃粉尘等的各种管道应是一个连续电路和接地装置相连接。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 法兰之间的接触电阻不应大于0.03Ω，在法兰螺栓正常扭紧后即可满足此项要求。当有特殊要求时可加金属线跨接。

⑥ 非导电性材料制成的管道要用缠在管外或放在管内的铜丝或铝丝进行接地。

⑦ 软管接头必须用在有冲击时不产生火花的金属（如青铜、铝等）制造，防止静电产生。

⑧ 各种架空管道引入装置区时，应在架空管道引进防爆厂房前接地。输送易燃、易爆介质的大型管道在其始端、末端以及各个分岔处均应接地。

⑨ 向储罐输送易燃液体的管道严禁采用自由降落的方式，应将管插到液面之下或使液体沿容器的内壁缓慢流下，以免产生静电，如图26-47所示。

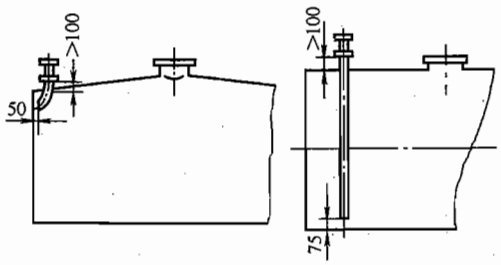


图26-47 储罐的进料管

⑩ 有静电接地的情况下，苯及其同类性质的液体在管道内流动的速度不应超过1m/s，汽油及共同类性质的液体在管道内流动的速度不应超过2～3m/s。

6.5 公用工程管道的设计

6.5.1 蒸汽管道

① 一般从车间外部架空引进，经过或不经过减压计量后分送至各用户。

② 管道应根据热伸长量和具体位置选择补偿形式和固定点，首先考虑自然补偿，然后考虑各种类型的伸缩器。

③ 从总管接出支管时，应选择总管热伸长的位移量小的地方，且支管应从总管的上面或侧面接出。

④ 蒸汽管道要适当设置疏水点。中途疏水点采用三通接头，可防止冷凝水未经分离而直接过去。末端也要设疏水点，疏水管一般应设置疏水阀，过热蒸汽管道疏水可不设疏水点而设置双阀（见图26-48，表26-37）。

⑤ 蒸汽冷凝水的支管与主管的连接，应倾斜接入主管的上侧或旁侧（见图26-49），切不要将不同压力的冷凝水接入同一个主管中。

⑥ 当蒸汽冷凝产生负压时，为保证真空稳定，此蒸汽应由总管单独引出。

⑦ 灭火、吹洗及伴热用蒸汽管道应由总管单独引出各自的分总管，以便停工检修时，这些管道仍能分别继续操作。在容易发生火灾的厂房内，一般设有灭火蒸汽管道。大的厂房一般只在门旁设立半固定式消防蒸汽管，其口径不得小于DN50。小的厂房一般设有固定灭火蒸汽管，应尽量靠墙敷设，离地面不高于300mm，在管道朝向室内空间侧，开有4～5mm孔，孔距为50mm。阀门应安装在室外便于操作的地方。

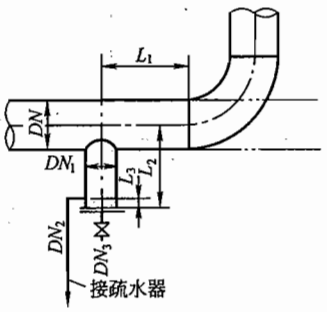


图26-48 蒸汽管道中途疏水装置

表26-37 蒸汽管道中途疏水装置尺寸 /mm

DN	DN_1	DN_2	DN_3	L_1	L_2	L_3
25	25	15	25	200	150	40
32	32	15	25	200	150	40
40	40	15	25	200	150	40
50	50	15	25	200	150	40
65	65	15	25	250	150	40
80	80	15	25	250	150	40
100	100	20	25	300	150	40
125	100	20	25	300	200	40
150	100	20	25	350	200	40
200	100	20	40	350	200	40
250	150	25	40	400	200	50
300	150	25	40	400	200	50
350	150	25	40	450	200	50
400	150	25	40	450	200	50

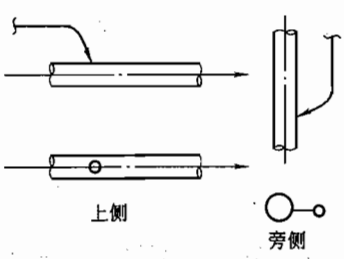


图26-49 蒸汽冷凝水支管与主管的连接

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.5.2 上下水管道

① 生产用的上水管进入车间后，为防止停止供水或压力不足时倒流至全厂管网中，应先装止回阀再装水表（见图 26-50）。

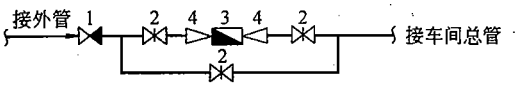


图 26-50 上水管的水表及其阀组配置
1—止回阀；2—闸阀；3—水表；4—异径管

② 不允许断水的供水管道至少应设两个系统，从室外环形管网的不同侧引入。不得把上下水管道布置在遇水会燃烧分解、爆炸等物料存在之处。

冷却、冷凝器的上下水管道和阀门的安装形式有三种，如图 26-51 所示。其中图（a）用于开放式回水系统和开放式排水系统，各排水点的排水漏斗应设置在操作阀门能观察到的地方，各排水漏斗的标高应统一考虑，漏斗下的排水管管径一般应比进漏斗的排水管加大一级或更大，以防外溢，图（b）、（c）用于密闭式回水系统。（c）在上下水管之间装一连通管，当冬季设备停运时，水能循环不致冻结。

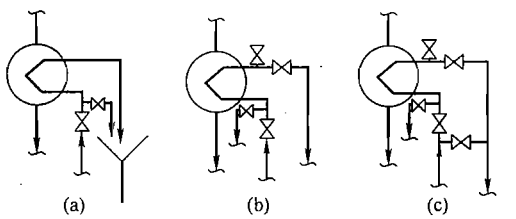


图 26-51 冷却、冷凝器的上下水管道和阀门的安装形式

③ 反应器冷却盘管的接管和阀门安装，必须不妨碍开启反应器的盖子。上、下水管道与反应器外壁（包括保温层）净距不小于 100mm（见图 26-52）。

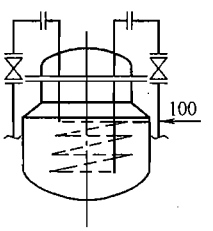


图 26-52 反应器的冷却水管

④ 设置直径 50～100mm 的地漏。如排放含腐蚀性介质下水（如酸性下水），应选用耐腐蚀地漏，再接至规定的下水系统。

6.5.3 压缩空气管道

① 压缩空气管道上的排水采取人工定期排放。排水管设在容器的底部、管道的末端和停车后能积聚凝结水的部位。车间内用气设备较多时，为彼此不受干扰、又便于集中操作，可设分气罐，分气罐的底应装排水管。

② 在严寒地区，对于含湿量大的压缩空气管道，应进行保温。

6.6 洁净厂房的管道设计

6.6.1 设计规定

除按化工生产一般规定外，尚需遵守下列规定。

① 有洁净要求的区域，工艺配管中的公用系统主管应敷设在技术夹层、技术夹道或技术竖井中。

这些主管上的阀门、法兰和螺纹接头不宜设在技术夹层、技术夹道或技术竖井内，这些地方的管道连接应采用焊接。对于这些主管的吹扫口、放净口和取样口均应设置在技术夹层、技术夹道或技术竖井之外。

② 在满足工艺要求的前提下，工艺管道应尽量缩短。输送无菌介质的管道应设置灭菌措施，管道不得出现无法灭菌的“盲区”。

③ 输送纯水、注射用水的主管应采用环形布置，不应出现“盲管”等死角。

④ 洁净室内的管道应排列整齐、管道应少敷设，引入非无菌室的支管可明敷，引入无菌室的支管不可明敷。应尽量减少洁净室的内阀门、管件和管道支架。

⑤ 排水主管不应穿过洁净度要求高的房间，100 级的洁净室内不宜设置地漏，10000 级和 100000 级的洁净室也应根据工艺要求尽量少设或不设地漏。如干剂生产区内不设地漏和水嘴，采用局部吸尘器除尘后用湿净布揩擦墙面和地面（因干剂生产中湿度控制要求较高之故）。湿剂生产工序如设地漏，必须使用带水封、带格栅和塞子的全不锈钢内抛光的洁净室地漏，此地漏供碎瓶后小范围冲洗用，宜设置于楼板上，楼板要留孔和设坡度，要与土建专业密切配合。

⑥ 洁净区的排水总管顶部设置排气罩，设备排水口应设水封装置，各层地漏均需带水封装置，防止室外窨井污气倒灌至洁净区，影响洁净要求。推荐选用 DL-B 标准系列地漏。

6.6.2 管道和管件材料规定

① 管道材料根据所输送的物料理化性质和使用工况选用，采用的管材应保证工艺要求，使用可靠、不吸附和污染介质，施工和维护方便，采用的阀门、管件除满足工艺要求外，应选用拆卸、清洗、检修均方便的卡箍连接形式的管配件。

② 输送纯水、注射用水、无菌介质和半成品、成品的管材宜采用低碳优质不锈钢或其他不污染介质材料。引入洁净室的各支管应采用不锈钢管。

③ 对法兰、螺纹连接，其密封用的垫片或垫圈

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

宜采用聚四氟乙烯垫片和聚四氟乙烯包覆垫或食品橡胶密封垫。

④ 穿越洁净室的墙、楼板或硬吊顶的管道，应敷设在预埋的金属套管中，套管内的管段不应有焊缝、螺纹和法兰。管道与套管之间应有可靠的密封措施。

⑤ 穿越软吊顶的管道，应在管道设计时与有关专业密切配合，定出管道穿软吊顶的方位和坐标，防止管道穿龙骨，影响吊顶的结构强度。

⑥ 洁净室内的管道应根据其表面温度、发热或吸热量及环境的温度和湿度确定保温形式（保热、保冷、防结露、防烫等形式）。冷保温管道的外壁温度不得低于环境露点温度。

⑦ 保温材料应选用整体性能好、不易脱落、不散发颗粒、保温性能好、易施工的材料，洁净室内的保温层应加金属外壳保护。

6.7 管道轴测图

管道轴测图的绘制按 HG/T 20549—1998 规定。

6.7.1 图面表示

① 管道轴测图按正等轴测投影绘制，管道的走向按方向标的规定，这个方向标的北（N）向与管道布置图上的方向标的北向应保持一致（见图 26-53）。

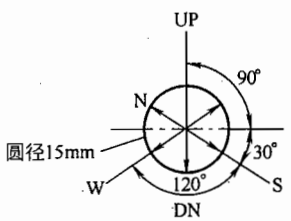


图 26-53 轴测图的方向标

管道轴测图在印好格式的纸上绘制，图侧附有材料表。对所选用的标准件材料，应符合管道等级和材料选用表的规定。

② 管道轴测图图线宽度及字体按 HG/T 20549—1998 规定。管道管件、阀门和管道特殊件图例按 HG/T 20549—1998 规定。

③ 管道轴测图不必按比例绘制，但各种阀门、管件之间的比例在管段中的位置的相对比例均要协调，如图 26-54 中的阀门，应清楚地表示它紧接弯头而离三通较远。

④ 管道一律用单线表示，在管道的适当位置上画流向箭头。管道号和管径注在管道的上方。水平向管道的标高“El.”注在管道的下方（见图 26-54）。

⑤ 管道上的环焊缝以圆点表示。水平走向的管段中的法兰以垂直双短线表示，垂直走向的管段中的法兰一般以与邻近的水平走向管段相平行的双短线表示（见图 26-55）。

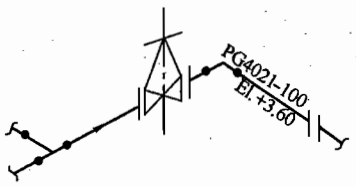


图 26-54 管道代号标注

螺纹连接与承插焊连接均用一短线表示，在水平管段上此短线为垂直线，在垂直管段上，此短线与邻近的水平走向的管段相平行（见图 26-55）。

⑥ 阀门的手轮用一短线表示，短线与管道平行。阀杆中心线按所设计的方向画出（见图 26-54）。

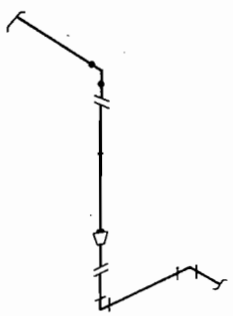


图 26-55 法兰、螺纹绘制

6.7.2 尺寸和方位的标注

① 除标高以米计外，其余尺寸均以毫米为单位，只注数字，不注单位。垂直管道不注长度尺寸，而以水平管道的标高“El.”表示。

标注水平管道的有关尺寸的尺寸线应与管道相平行，尺寸界线为垂直线，从基准点到等径支管、管道改变走向处、图形的接续分界线的尺寸，如图 26-56 中的尺寸 A、B、C。基准点尽可能与管道布置图一致，以便于校对。

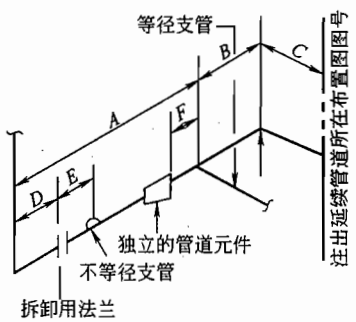


图 26-56 水平管道尺寸标注

从最邻近的主要基准点到各个独立的管道元件和孔板法兰、异径管、拆卸用的法兰、代表接口、不等径支管的尺寸，如图 26-56 中的 D、E、F 等，这些

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

尺寸不应注封闭尺寸。

管道上带法兰的阀门和管道元件的尺寸，注出从主要基准点到阀门或管道元件的一个法兰面的距离。

调节阀和某些特殊管道元件，如分离器和过滤器等需注出其法兰面至法兰面的尺寸（对标准阀门和管件可不注），如图 26-57 所示。

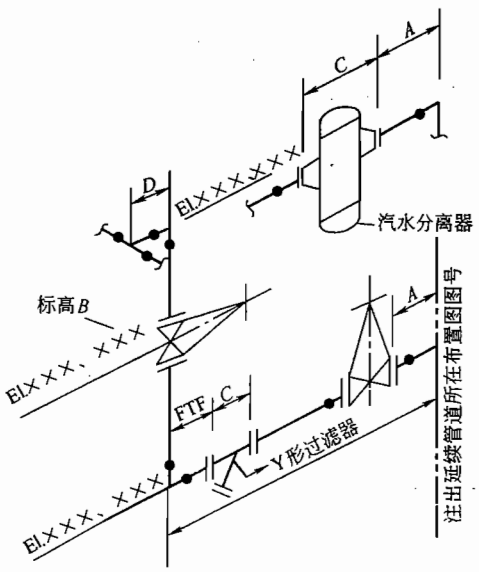


图 26-57 臂件标注

管道上用法兰、对焊、承插焊、螺纹连接的阀门或其他独立的管道元件的位置是由管件与管件直接相接（FTF）的尺寸所决定时，不要注出它们的定位尺寸（见图 26-57）。

定型的管件与管件直接相接时，其长度尺寸一般可不必标注，如涉及至管道或支管的位置时，也应注出。

螺纹连接和承插焊连接的阀门，其定位尺寸在水平管道上应注到阀门中心线，在垂直管道上应注阀门中心线的标高“El.”（见图 26-58）。

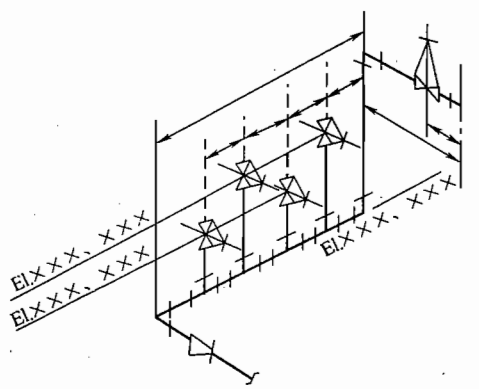


图 26-58 螺纹承插焊连接阀门标注

不是管件与管件直连时，异径管和锻制异径短管一律以大端标注位置尺寸（见图 26-56）。

② 所有用法兰、螺纹、承插焊和对焊连接的阀门的阀杆应明确表示方向。如阀杆不是在 N（北），S（南）、E（东），W（西），UP（上），DN（下）方位上，应注出角度（见图 26-59）。

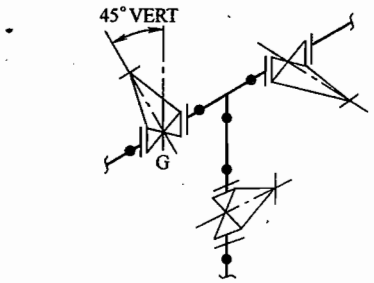


图 26-59 阀门手轮方向标注

③ 设备管口法兰的螺栓孔的方位，有特殊要求（如不是跨中布置）时，应在轴测图上表示清楚，并核对设备条件（见图 26-60）。

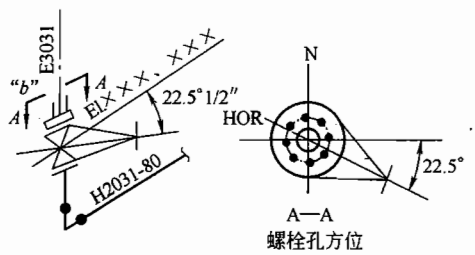


图 26-60 法兰螺孔特殊方向标注

6.7.3 装配用的特殊标记

① 一张轴测图中相同管径的几种不同型式的法兰，为避免安装错误，应在法兰近旁注明法兰的型式，并用规定的缩写词在轴测图中注出短半径无缝弯头、管帽（焊接管帽、螺纹管帽、承插焊管帽）、螺纹法兰、螺纹短管、管接头、堵头、活接头及现场焊焊缝。

② 在 5mm×5mm 方格内标注特殊件的编号（见图 26-61），材料列在材料表的特殊件栏内，注出与管道布置图一致的控制点的种类和编号。

一张轴测图中，相同品种和规格的阀门有两个或两个以上且所选用的型号不同时，应在阀门近旁注出其型号（数量最多的一种可不注出），以免安装错误（见图 26-62）。注出直接焊在管道上的管架的编号，该编号应与管架表中的编号一致，管架材料不列入轴测图的材料表中。

③ 弯管应画圆弧，并注出弯曲半径，例如弯曲半径为 5 倍管子公称直径的弯管标注 $R=5D$，对无缝或冲压弯头（$R\leqslant 1.5D$）可画成直角形，并表示出焊缝，见图 26-63。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

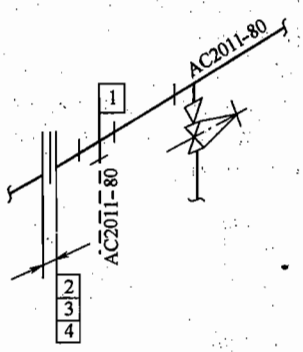


图 26-61 特殊件装配标注

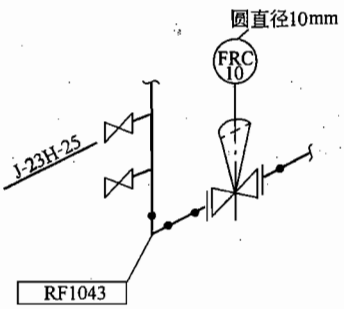


图 26-62 阀门装配标记

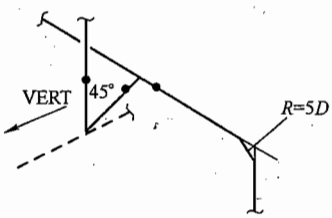


图 26-63 弯头装配标记

组合附件（如软管接头）和承插焊、管座、螺纹、管座、异径管等特殊件的标记并编号，详见图 26-64。

不同形式的短管端部都应注明缩写词，必要时注出端面的标高。

6.7.4 隔热（隔音）分界

① 在管道的不同类型的隔热与不隔热的分界处应按隔热的规定标注隔热分界，在分界点两侧注出各自的隔热类型或是否隔热。如果分界处是与某些容易识别的部位（如法兰或管件端部）一致时，则可只表示隔热分界，不表示定位尺寸（见图 26-65）。

② 输送气体的不隔热管道与隔热管道连接，以最靠近隔热管道的阀门或设备（管道附件）处定为分界（见图 26-65）。

输送液体的不隔热管道与隔热管道连接，以距离

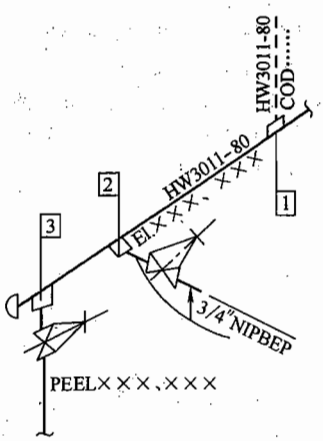


图 26-64 特殊件装配标记

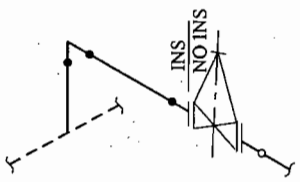


图 26-65 阀门或管件为分界的隔热标记

热管道 1000mm 或第一个阀门处为分界，取两者中较近者（见图 26-66）。

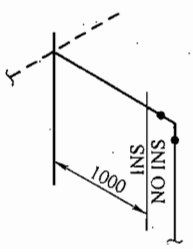


图 26-66 隔热分界标记

③ 对于人身保护的隔热的分界点，不在轴测图中表示，这种类型隔热的形式和要求，由设计与生产单位在现场决定。

6.7.5 轴测图上材料表填写要求

① 垫片应按法兰的公称压力 *PN* 和公称直径 *DN* 填写相应的垫片代号，垫片密封代号按相关规定填写。不需要填写垫片的具体规格和尺寸。

② 对特殊长度的螺柱，将其长度填在特殊长度栏内，填写螺柱、螺母数量时，应优先选用按法兰的连接套数计。

③ 非标准的螺栓、螺母、垫片、填在特殊件栏内。

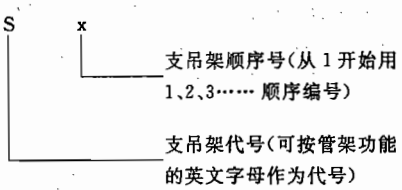
④ 在隔热栏内，按设计规定填写代号。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

7 管道支吊架的编号和表示方法

7.1 管道支吊架的编号

管道支吊架可按如下编号，并表示在相应的管道布置图中。



7.2 管道支吊架在管道布置图中的表示方法

成排的水平管道的支吊架可以用图 26-67 中“S169”的表示法，如该处有一根管道不需在该管架上支撑，则在支吊架表中不填该管道号，只填写需支撑的管道的管道号。

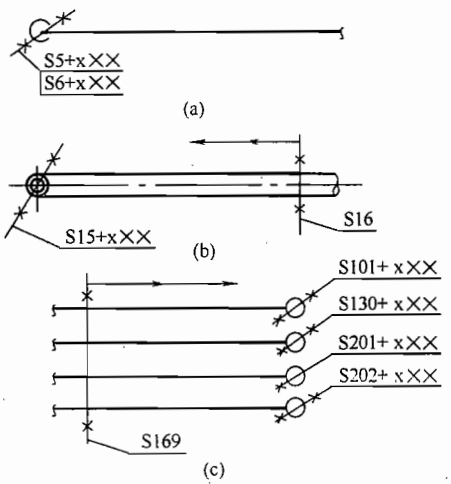


图 26-67 管道支吊架在管道布置图中位置的表示方法

7.3 管道支吊架的定位

水平向管道的支吊架标注定位尺寸，垂直向管道的支吊架标注支架顶面或支承面（如平台面、楼板面、梁顶面）的标高。

8 管道等级号和管道材料等级表

管道等级号及管道材料等级表按相应规定。

8.1 管道等级号说明（管道等级的编制方法不一，下列说明也不一）

管道等级号由两个英文字母及 1 个或两个数字组成，首位英文字母表示材质，中间数字表示压力等级，末位英文字母表示顺序号。具体说明如下：

首位英文字母（材质）	中间数字（压力等级）	末位英文字母（序号）
A—铸铁及硅铸铁	$\phi \leqslant 0.25$MPa	随同一材料同一压力等级按序编排
B—碳素钢	0＝0.6MPa	
C—普通低合金钢	1＝1.0MPa	
D—合金钢	2＝1.6MPa	
E—不锈耐酸钢	3＝2.5MPa	
F—有色金属	4＝4.0MPa	
G—非金属	6＝6.3MPa	
H—衬里管	7＝10.0MPa	

8.2 选用原则

① 管道材料根据介质性质选用碳素钢管 B、不锈钢管 E、或合金钢管 D。

② 根据操作压力和温度确定管道压力。生产物料管道压力，除医药厂房内有洁净要求采用轻便拆卸式除外，其他化工生产均以 1.0MPa 或 1.6MPa 开始，原因是阀门压力以 1.0MPa 或 1.6MPa 起步，为配法兰取同一等级。公用系统一般也采用 1.0MPa 或 1.6MPa，即取 1 或 2 压力等级（非金属管除外）。

③ 同一管材和同一压力等级，如果法兰密封面型式不同、或垫片材质不同，则序号就不同。因此序号可以有很多个。

9 配管图的校核

配管图完成后，要进行校核。校核的目的是检查配管设计是否符合 P&ID 及相关标准、规定的要求，能否满足施工、维修和操作，按图施工后装置能否安全、顺利、持久地生产，与各有关专业的设计图是否统一等。

9.1 图面的校核

① 图面的划分是否合理，采用的比例是否统一。

② 检查剖面符号位置方向与平剖面统一否。

③ 图例、符号统一否。指北针方向、设备编号与名称一致否。

④ 介质代号、管道编号、管道直径、管道等级、隔热代号是否正确、合理。

⑤ 图签是否填对，签署是否符合规定。

⑥ 图纸的边界线、相接图号是否正确。

⑦ 文字说明是否交代清楚，特殊要求是否提出。

9.2 配管图与各专业设计条件的校核

9.2.1 与土建专业建筑图、结构图的校核

① 与建筑平、立面图核对轴线号、轴间距、门、窗、梁宽高、柱宽、墙厚、地坪及楼层标高是否一致，防爆墙、沉降缝等特殊要求的位置、尺寸。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 与结构图核对主、次梁宽、高和具体位置，吊装孔、预留孔的方位、尺寸及标高。

a. 大型设备基础的坐标及基础具体尺寸与配管的埋地管道是否会碰撞。

b. 梁、柱上的预埋件（二次土建条件）的坐标标高及数量的核对，避免漏项（包括穿楼板预埋套管等）。

c. 定型及非定型设备的基础标高，及基础上的预埋钢板或两次灌浆，预留孔的坐标、尺寸是否符合。

d. 对有搅拌减速器的设备，其安装、维修高度能否满足要求。

e. 地漏及地面坡度一致否。

f. 室外垂直管道与屋面雨水管道是否互相碰撞，并注意坐标方位。

g. 结构基础与地下管道会碰撞否。

h. 有防腐、防尘等要求的墙面及地面是否符合要求。

9.2.2 与工艺配管图的校核

① 平、立、剖是否符合 P&ID 的要求，管道编号、管径、管道等级是否与 P&ID 一致。

② 主管的布置是否合理，是否集中于同一管架上分层敷设。

③ 管道穿楼板是否集中穿，与结构图的留孔是否一致，大小、位置能否满足要求。

④ 当管道改变走向时，是否改变标高。

⑤ 管道的标高、间距是否齐全，能否满足安装的需要。

⑥ 沿墙敷设的水平管道和垂直管道与墙间距是否不同，以避免相交或绕弯。

⑦ 高温和低温的管道是否采用波纹管或其他型式的补偿器来增加管道的柔性，使管系的热应力不超过允许值。

⑧ 管道等级是否正确，重点检查高温、高压或特殊流体管道的等级及等级分隔符号左、右或上、下的等级号。

⑨ 阀门选用是否符合 P&ID 的规定，安装位置或高度是否符合操作要求。

⑩ 管道的固定支架、导向支架和活动支架的配置是否合适。

⑪ 管架编号是否正确、管架间距是否超过极限。

⑫ 管道保温、保冷要求与 P&ID 是否一致。

⑬ 并排排列的管间距能否满足保温管需要的空间。

⑭ 与振动设备相接的管道是否有减振支架或软接管隔振。

9.2.3 与设备安装图的校核

① 核对设备管嘴的位置、尺寸是否统一。管口、人孔、平台、爬梯的位置与配管图是否一致。

② 核对定型设备或制造厂提供的设备管嘴的位置、尺寸与配管图一致否。

③ 定型设备如机泵类的基础与制造厂提供的尺寸是否统一。

④ 与设备管嘴连接的阀门，其法兰与设备管嘴法兰的规格，密封垫型式是否一致。

⑤ 与设备管嘴连接的管道有无合适的固定点和支架，要避免管道的自重和热胀推力作用在管嘴上面损坏设备，特别要注意泵的出入口和铸铁设备的管嘴。

9.2.4 与仪表专业的校核

① 在 P&ID 上的仪表接口在工艺配管图上是否表示出具体位置，这些位置是否正确。

② 是否满足仪表对配管的要求，如孔板前后室的直管段长度要求，调节阀组的阀芯检修距离等。

③ 仪表变送器（保温箱）的布置，有否影响操作、维修和安全。

④ 仪表管缆与工艺配管是否分层分区各行其道，有无碰撞配管的可能。

⑤ 气体监测报警仪的设置位置、标高、数量是否符合工艺要求。

⑥ 报警装置、安全阀等设置位置是否满足工艺要求。

⑦ 仪表用气和保温用汽的设置位置、标高、管径等是否能满足仪表要求。

9.2.5 与暖风专业的校核

① 配管有否遮挡送风口或回风口。

② 风管与配管有否分层分区行驶，分支处有碰撞的可能否。

③ 对有洁净要求的生产工序，其空调能否满足洁净级别的要求。

9.2.6 与电力专业的校核

① 电缆槽与配管是否分层、分区域各行其道，是否保持一定间距。

② 照明有否被配管挡光，局部照明方位、标高、开关是否符合操作要求。

③ 核对电机型号及数量。

④ 静电接地网、避雷装置是否符合规定。

⑤ 电机开关、照明开关有否影响生产操作，或影响维修工作。

9.2.7 与给排水专业的校核

① 地面明沟排水与室外窨井的标高符合否。

② 消防水系统的管道是否与工艺管道有碰撞。

③ 各楼面的地漏排水管是否符合生产要求，洁净室的地漏与土建的地面坡向一致否。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

10 模型设计

10.1 工程模型设计

在工程设计过程中，应用模型作为辅助设计的一种手段，在国内外均有较长的应用历史。工程设计人员借助模型所具有的立体、形象、直观的特点，在模型上进行有关设计内容的布局构思和综合研究，以取得满意的效果，使完成的设计成果能达到提高设计质量的目的。

随着现代化工业生产的飞速发展，给工程设计也提出了更高的要求，电子计算机等技术的应用为做好现代化大型工程设计创造了良好的条件。而模型设计这一看似简单，又便于广大设计人员采用的方法，因其能形象、具体的反映出工程设计人员所需要设计内容的概貌，为工程设计人员进行设计构思、设计研究、设计校审等提供了有效的手段，所以它仍然是现代化工程设计中可采用的方法之一，受到广大工程设计人员的欢迎。在中、外双方进行合作设计的工程中，模型设计更是成为各方设计人员进行讨论、研究设计方案的必要工具，模型设计也是工程设计部门与施工人员、生产人员有机结合的有效手段，因此模型设计对提高工程设计质量，加快施工进度，降低工程费用均能起到积极作用。

模型设计在化工、石化、医药、轻工等行业中应用的范围较广泛，一般按其使用功能来区分，常用的模型设计可以分成如下几种。

10.1.1 总图布置模型

总图专业设计人员应用模型来描述和确定厂区范围内的主要建筑物、生产装置、室外设施、道路、装卸区的布置以及与厂区相邻的周边环境的关系。总图布置模型为设计方案的确定，创造了良好的设计构思和项目审查条件，是提高总图布置设计质量的有效方法。

总图布置模型制作时采用的比例通常为(1∶200)～(1∶500)，具体的比例选择应根据需表达的厂区大小和模型使用时的需要而定。

总图布置模型设计应用在基础工程设计阶段，主要是帮助工程设计人员完成总体布置方案，模型上表达的内容可以作简化处理。

总图布置模型设计应用在详细工程设计阶段，主要是帮助工程设计人员完成最终版的总体布置施工图设计，因此要求在模型上表达的内容应比较形象、细致。

10.1.2 装置（车间）设备布置模型

布置专业设计人员应用模型来确定装置内的设备布置方案，充分考虑装置布置与土建、及厂区内相关公用工程设施之间的合理性。

装置（车间）布置模型制作时采用的比例通常为$(1∶33\frac{1}{3})$～(1∶50)，若装置（车间）布置模型需与配管布置模型结合使用时，其模型比例可参照装置（车间）配管布置模型制作时选用的比例。

装置（车间）布置模型应用在基础工程设计阶段，除供布置专业确定装置内设备布置方案外，还可作为设备布置方案审查的工具，模型的制作尽量采用简化处理，只需把建（构）筑物的轮廓和设备外形表示即可。

装置（车间）布置模型应用在详细工程设计阶段，则主要是为提供配管设计及确立土建施工图设计条件用，模型的制作应适当深化。

10.1.3 装置（车间）配管布置模型

装置（车间）配管布置模型应用在详细工程设计阶段，供工艺管道专业设计人员进行装置（车间）内的配管设计，也为提供土建、设备、电气、仪表等专业的设计条件服务。装置（车间）配管布置模型应严格按比例表达管道配置与土建厂房或框架、设备及安装之间的相对关系，并详尽地把各工艺操作面的位置表示清楚；装置（车间）配管布置模型设计是完成配管施工图设计的重要组成部分，它为提高工程设计质量、加快施工进度起到积极作用。

10.2 装置（车间）配管布置模型设计的功能

10.2.1 在设计过程中的功能

① 供设备布置专业对装置（车间）内的设备布置进行合理的调整和修改。

② 供管道专业作主管、高温高压管道或有特殊配置要求的管道进行合理的设计配置。

③ 供工艺管道专业统一考虑操作、维修和安全设施的布置。

④ 供各有关专业进行设计条件的协调，避免各专业设计内容的互相碰撞。

⑤ 供有关专业对设计中遇到的难点进行研究、落实解决的方案。

⑥ 供仪表、电气、通风、消防等专业确定其主要操作控制点在装置区内的具体布置位置。

10.2.2 在设计校审过程中的功能

① 供有关专业对设计成品图校审。

② 供项目负责人组织设计综合审查。

③ 供管道专业绘制管道施工图对照。

10.2.3 在施工和生产培训中的功能

供现场施工中进行设计交底；供施工安装部门制订施工组织设计计划；供施工安装部门制订大型设备进场和吊装方案；供现场设备、管道安装修改讨论参照；供生产部门进行投产前的操作人员岗位培训用；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

供生产部门进行安全生产、设备维修等岗位培训教育用；供生产接待参观介绍用。

10.3 装置（车间）配管布置模型设计的应用范围

① 大型的石油化工、化工装置。

② 采用新工艺、新流程的化工、石油化工、医药、农药装置或技术开发设计。

③ 工艺流程较复杂、管道配置较密集的化工、医药类装置。

④ 与国外合作设计或为国外承建的化工、石化、医药类装置。

⑤ 用户指明需要采用模型设计的工程项目。

10.4 装置（车间）配管布置模型设计和制作

10.4.1 模型比例的选择

装置（车间）配管布置模型的比例应由工艺管道专业和模型设计专业共同商定，确定的模型比例既要能满足工程设计内容的表达，又要使模型制作和尺寸的换算都比较方便，同时也要充分考虑模型制作完成后的搬运、模型费用的经济合理等诸方面的要求。一般情况下可按下列原则选择配管模型设计的比例。

① 设备布置在封闭的厂房内的或生产规模较小的化工、医药类装置（或车间）、模型比例选择 1∶20 或 1∶25 为宜。

② 设备布置大部分在室外或框架内的大中型化肥、石化、炼油等装置、其模型比例选择 $1:33\frac{1}{3}$ 为宜。

10.4.2 模型制作的分块分层原则

在装置（车间）配管布置模型设计过程中，若装置的规模较大，则模型制作时就应采用分块或分层的办法，有利于模型的配管设计、便于设计审查和模型修改、便于模型成品的包装和运输。一般情况下，模型进行分块、分层制作应遵循如下原则。

① 当模型需分块又需分层制作时，应先确定分块的尺寸及数量，然后再考虑分层。

② 模型的分块、分层界线的确定，应满足装置配管设计单元的整体性，尽量选择土建厂房、设备、工艺单元操作等布置的自然可分割的区域。

③ 模型分块时的外形应选择矩形为宜。每块模型的长度尺寸控制在 1.2～1.5m 左右，宽度控制在 1m 以内；

每块模型的高度尺寸超过 1m 时，应进行分层（或对超高的单体设备进行分段）制作，分层或分段的适宜高度为 0.8m 左右。

④ 模型采用分块、分层制作后，为了便于模型设计过程中的对照应采用平面布置图的方式，对每块模型按顺序编号。

10.4.3 模型制作材料的选用

装置（车间）配管布置模型制作材料的选择合理与否，将直接影响模型设计的速度、质量和效果。

在模型设计制作过程中，除了首先选用标准系列模型元件（详见本章节第 5 小节）外，还必须合理的选择模型制作的辅助材料。目前，可供选用的辅助材料种类较多，选择时要求这些材料具有易加工成型、易粘接组合、易就地选购，且质轻光洁、价格低廉等特点。如有机玻璃、塑料型材、木材等已是常用的模型制作的辅助材料。

10.4.4 装置（车间）配管布置模型设计制作的深度

(1) 模型底盘

模型底盘应按分块的尺寸制作，台面应坚固、平整，满足整体组装的要求；模型底盘应带有可拆卸的支脚；模型底盘的表面应按比例表示出坐标网格（以米为单位表示）；每一块模型均应标注其在装置（车间）区内的坐标尺寸及基准标高；用基本色调标明装置（车间）区内的主干道的位置。

(2) 厂房建筑

厂房建筑在配管布置模型上应把厂房的楼层高度、跨度、梁柱的外形尺寸及楼梯、栏杆、楼板的主要开孔等正确的给予表示，对建筑物的门窗、隔墙、小梁等在模型均不作表示，必要时可用平面或局部立面的方法作示意性的表示。

装置（车间）内的框架结构及管廊应表示出框架的外形尺寸、梁柱、楼梯、安全梯、栏杆等内容及管廊的标高、柱或桁架、爬梯等内容。在框架里的操作平台和管廊里的过桥平台也应表示清楚。

(3) 机泵、设备

容器、储罐、塔、换热器、反应器等设备应准确表示其外形特征及尺寸，并应把主要附件（接管、人孔、手孔、液位计、减速机、电动机等）及安装形式（支脚、支座、耳架等）表示清楚。

机泵类设备应象征性地表示其外形特征，其他设备如机械输送设备、包装机械、工业炉、压缩机等在准确表示其外形尺寸和接管方位的前提下，只需表示其外形的主要特征。

(4) 管道

装置（车间）配管布置模型的主要功能是供管道专业进行管道设计用，在模型上管道组装应遵循先主管后支管，先高温高压等特殊要求的管道、后一般工艺物料管，先工艺物料管、后公用系统管的程序进行。在模型上开始配管前应先制订配管分类对照表。配管分类对照表包括比例换算表（表 26-38）及模型管道色彩对照表。模型比例换算表是配管模型制作过程中准确选用模型标准系列元件的对照依据。模型管道色彩对照表是由管道专业设计人员按现有标准系列

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

管道元件的分色、结合配管设计过程中的审校习惯来制订的，它可以按工艺物料（介质）的不同来选择不同的管道色彩，也可按管道的材质来区分管道色彩。

模型上对工艺物料管不论其管径大小，均应按比例准确配置，辅助管道直径在 ϕ1in 或 ϕ1in 以下的支管可以省略（放净口及排污口除外）。

模型上的管件（弯头、三通、法兰、孔板流量计、管道盲板等）及管道支吊架一般只作象征性地的表示。模型上阀件、阀组的安装，应按标准系列模型元件的阀件分类对照选用，当模型元件的阀件分类不能满足设计阀件需要时，可选用近似的模型阀件进行适当改装后代用。模型上阀件或阀组的安装位置必须根据设计要求。

配管布置模型设计的管道标注应按 PID 的图例及工艺配管施工图设计规定，以便于设计校对和审查。

配管布置模型设计在审校过程中发现问题，设计必须要作修改时，模型也应作相应的修改，以便使成品模型的配管与最终设计相一致，用于指导现场施工安装。

(5) 相关专业内容的表示

为了使装置（车间）配管布置模型能较完整地表达装置（车间）区内各有关专业的综合关系，充分发挥模型设计的作用，并为提高设计审查的速度和质量创造条件。因此当工艺配管在模型上基本完成后，暖通、电气、自控仪表等参与专业也应进入模型现场，在模型上分别把各自相关的内容表示清楚。

(6) 地下管道的表示

装置（车间）配管布置模型只把基准标高以上部分（或称地面以上部分）的内容表示清楚，对设置在地面以下的管道、管沟等一般情况下在模型上不作表示。也可用平面粘贴胶带纸的方法作示意性的表示。遇有特殊需要时，模型制作可采取提高基准标高面的办法，把地下部分也作为一个楼层来表达。

(7) 装置（车间）配管布置模型的标注

土建厂房、框架、管廊在模型上应把柱轴编号、楼层的标高及车间布置的名称标注清楚。

装置内的设备应把设备位号标注清楚（与设备一览表一致）。

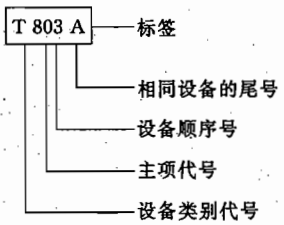
表 26-38 管道、设备筒体的设计尺寸（公称尺寸）和模型尺寸的换算关系 /mm

模型尺寸	模型选用比例				
	1∶10	1∶20	1∶25	1∶33 $\frac{1}{3}$	1∶40
1	15～20	15～25	15～32	15～40	15～50
2	25～32	32～50	40～65	50～80	65～100
4	40	65～80	80～100	100～150	125～150
6	50～65	100～125	125～150	200	200～250
8	80	150	200	250	300～350
11	100	200	250	300～350	400
14	125	250	300～350	400～450	500
17	150	300～350	400	500	600～700
20	200	400	500	600～700	800
25	250	500	600	800～900	900～1000
30	300	600	700	1000	1200
35	350	700	800～900	1200	1400
40	400	800	1000	1400	1600
45	450	900	1100	1500	1800
50	500	1000	1200～1400	1600～1800	2000
60	600	1200	1500～1600	2000	2400
70	700	1400	1800	2200～2400	2800
80	800	1600	2000	2600～2800	3200
90	900	1800	2200～2300	3000	3600
100	1000	2000	2500	3200～3400	4000
110	1100	2200	2700～2800	3600～3800	4400
120	1200	2400	3000	4000	4800
130	1300	2600	3200	4200～4400	5200
140	1400	2800	3500	4600～4800	5600
150	1500	3000	3700～3800	5000	6000
160	1600	3200	4000	5200～5400	6400

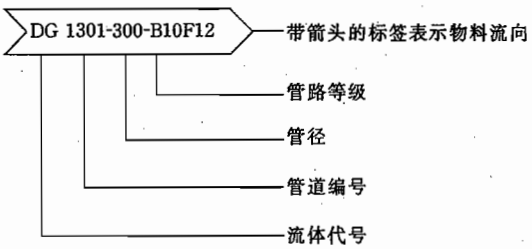
注：1. 当模型选用 1∶20 的比例时，设计尺寸为 ϕ150mm 的管道，从表中可查得模型尺寸栏里 8 的读数，则在模型上应用 ϕ8mm 的塑料管表示。

2. 当模型选用 1∶33 $\frac{1}{3}$ 的比例时，模型上 ϕ17mm 的塑料管，从表中查得它代表设计尺寸为 ϕ500mm 的管道。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



管道标签应把物料代号、管道编号、管径、管路等级及物料流向标注清楚（参照配管专业施工图设计内容规定）。



模型底盘。应在每一块底盘的角上标注出在装置（车间）区内的平面坐标尺寸及方向。

模型图例。模型图例的内容应包括模型比例、装置名称及规模、管道分色对照表、阀件及阀组的分类对照说明等。

10.5 标准系列模型元件

根据化工装置模型设计的特点及应用功能需要，装置配管模型制作必须要按比例、形象化地反映装置配管设计的有关内容，而且又要适宜在模型上进行设计构思和进行调整修改，所以与其相适应的标准系列模型元件的开发就成为装置配管模型设计的必要物质基础。国内现有的标准系列模型元件，可分成管道与管件、阀件、设备及机泵、土建型材、安装元件及其他共六大类，共有400余个品种规格，基本上做到了化工部提出的模型元件实现标准化、系列化、预制化、装配化、塑料化、色彩化的要求，它可以适应化工、石油化工、医药、轻工、核电站等不同行业采用各种比例的模型设计时选用。

标准系列模型元件在设计时以模型管道和设备筒体的尺寸为基准、从小到大规律性的排列成一个系列、其他各类元件均与之相配，使用时可以根据各自所定的比例对照表26-38选用。所以可以说标准系列模型元件适应范围较广，不受比例的限制。

10.5.1 标准系列模型元件的材料及性能

标准系列模型元件除ϕ1～2mm的管道因强度和刚度达不到使用要求而采用钢丝外，其他各类模型元件都采用塑料预制成型。

(1) ABS塑料或改性聚苯乙烯成型元件

该材料具有便于注塑成型、强度好、易粘接、色泽鲜艳等特点，在标准系列元件中的土建型材、安装元件、设备封头、电动机、管件（三通、弯头、异径管等）均采用ABS塑料或改性聚苯乙烯材料注塑成型的。它使用三氯甲烷（氯仿）胶黏剂。

(2) 硬聚氯乙烯（PVC）成型的塑料管元件

此材料具有便于挤出成型、强度好、易切割加工、易粘接，色泽也较鲜艳的特点，它主要用于制作ϕ11mm以上的管道和设备筒体的材料。它使用是丁酮胶黏剂（或称803胶黏剂）。

(3) 高压聚乙烯成型的元件

该材料具有韧性好、便于注塑成型的特点，但没有合适的胶黏剂，仅用于制作成各类阀件，用骑跨方式与管道组合。

(4) 聚苯乙烯或372塑料成型的元件

该材料具有透明、易粘接、易注塑成型的特点，制作成支吊架、穿楼板节点等需透明示意的元件。

10.5.2 标准系列模型元件的组装方式

标准系列模型元件的组装方式应适应模型设计的特点，便于装配、便于更改、便于固定。现有标准系列元件基本可分成如下几种组装方式。

(1) 骑跨式

标准系列模型元件中的各类阀件，都采用骑跨方式与管道组合，能达到装配方便、更改灵活，便于管道设计人员合理选择操作控制点的布置。阀件类的元件选择ABS塑料或高压聚乙烯注塑成型，充分利用其弹性好的特点，不需粘接就能骑跨紧固在管道上。

(2) 承插式

标准系列模型元件的管道与管件（三通、弯头、异径管、接管等）的组合，在管件上均留有一段承插接头，组装时只需将管件插入管道（内插式）或管道插入管件（外插式）即可组合。

(3) 粘接式

对一些组装时其连接端不易相对固定的模型元件，一般都应采用粘接方式粘接，例如土建型钢、梯子、栏杆等元件。胶黏剂应选择既快速方便、又使粘接处牢固干净的溶剂为宜。本系列模型元件使用三氯甲烷（氯仿）、丁酮胶黏剂及502胶黏剂，其中氯仿的粘接面最广，可粘接ABS塑料、改性聚苯乙烯、聚苯乙烯、有机玻璃等，丁酮胶黏剂是由丁酮溶剂掺入一定量的过氯乙烯树脂调配成的糊状胶黏剂，它可粘接聚氯乙烯与改性聚苯乙烯材料制成的元件。

10.6 模型成品的运输和保管

模型成品是模型设计的成果，在工程设计、项目审查、施工安装、生产培训等过程中，都可发挥它的应有作用，所以模型成品通常会遇到异地运输和存放保管的问题。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

10.6.1　模型成品包装运输的基本要求

(1) 安全可靠

合理选择包装运输方式，尽量减少或避免运输途中的转运几率，确保模型能安全无损地直接送到目的地。

(2) 坚实牢固

模型包装箱的设计和制作要保证模型在运输和装卸过程中能承受颠簸和冲击而不致损坏，要求模型包装箱既要有足够的牢度，又要拆卸方便。

(3) 防震措施

模型在包装时，必须要用防震材料衬垫，使模型与包装箱组合成一个既相对稳定牢固又具有一定弹性的整体，可以承受在正常条件下，装卸和运输过程中产生的颠簸和冲击。

(4) 防潮防晒

模型运输过程中应考虑防潮、防晒措施，以避免雨水侵袭和受阳光直接暴晒。

(5) 随运检查

大型模型的运输应有专人押运或每到一个转运环节应有专人对箱体进行检查，必要时，每个模型包装箱的上部宜设置有机玻璃窥视孔，供随运人员观察箱内模型的完好程度和提醒搬运人员注意轻放。

10.6.2　模型的存放保管

① 模型设计成品应有专室存放、专人保管，以防止人为损坏，影响正常使用。

② 模型存放室要求宽敞通风、明亮洁净，应避免阳光直射模型。

11　计算机配管设计

配管在化工和石化类装置的工程设计中是主导专业。专业设计的好坏对整个装置的设计和建设起着举足轻重的作用。为了提高配管专业的设计水平、提高设计质量和加快设计进度，国内外的工程公司或设计院在管道设计中已广泛采用计算机辅助设计（CAD）技术，进行配管三维软模型设计，进而完成有关的施工图图纸和材料统计工作，效果显著。

11.1　计算机配管设计软件的功能和应用

随着计算机技术的迅猛发展，管道设计的计算机硬件已从工作站转向了微机化。软件更加智能化，三维模型由图形文件加数据文件转变为仅数据文件，可上网交流，异地工作，我国一些大中型工程公司和设计院在配管设计中，应用三维管道设计软件，已相当成熟，可以说已基本与国际接轨。

11.1.1　配管设计软件的功能

(1) 三维软模型设计特点

三维设计软件一般是由项目建立、工程数据库、设备、管道、钢结构、采暖通风、电气和仪表电缆桥架等模块组成的三维工厂化设计软件（见图 26-68）。

利用它设计出的三维装置模型非常逼真、直观。若由于某些原因不进行全模块的应用，则可以只做管道、设备和钢结构模型或者管道加设备模型（见图 26-69）。

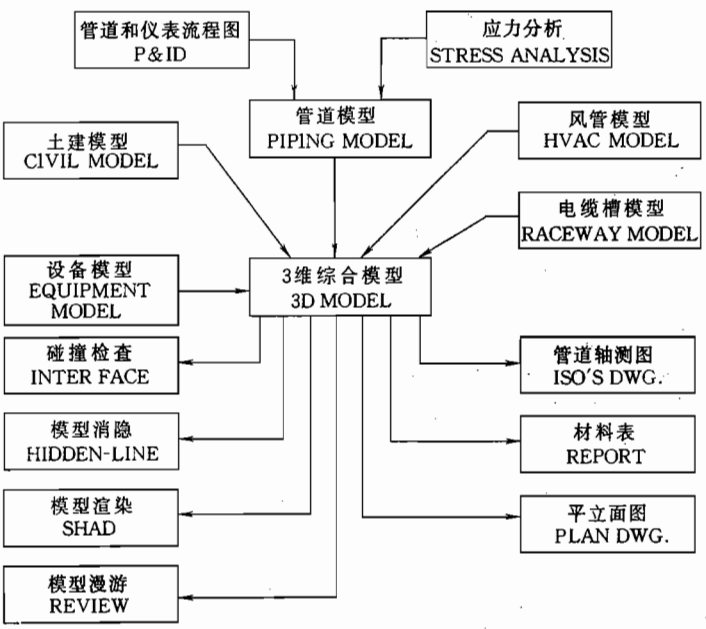


图 26-68　管道模型功能框图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

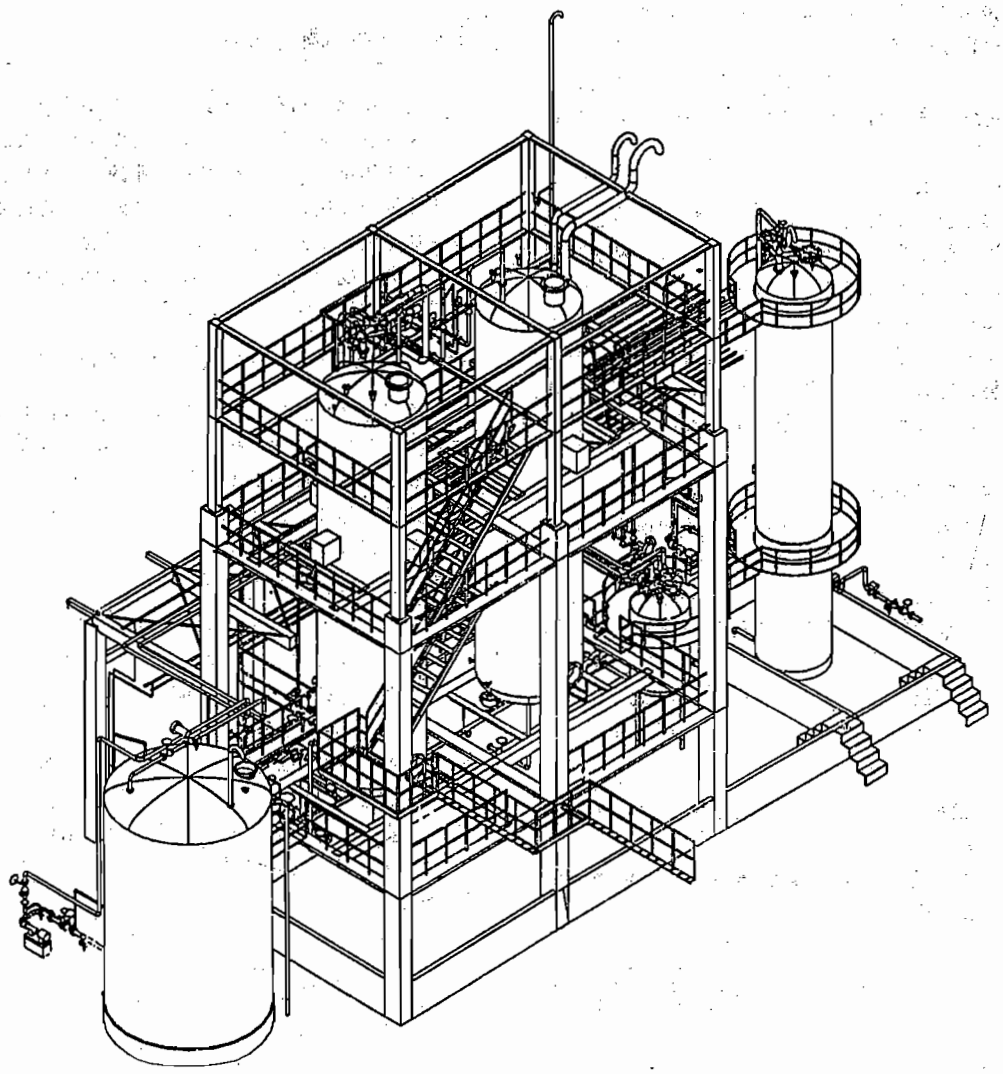


图 26-69 三维工厂化设计实例

管道模块一般具有对模型进行软、硬碰撞检查。硬碰撞检查是指管道之间及管道与其他专业的设备、风管、梁、柱、基础、钢结构和电缆桥架的碰撞检查。软碰撞检查是指管道与绝热层、维修预留空间的碰撞检查。这样能尽早发现问题及时修改，提高设计质量，减少施工返工，避免时间和经济上的损失。

目前一些著名工厂设计软件均配有“漫游”功能软件（Review），使人有身临其境之感。设计审查直接在软模型上进行，比用图纸审查更直观、更逼真、更容易发现问题。

管道软件还有管道应力分析软件的接口。输出一定格式的文件，并将此文件输入管道应力软件，可进行单根管道的应力计算。

有的管道软件具有与工艺流程图（P&ID 图）核对的功能，还有的软件可根据 P&ID 图或管道特性一览表进行智能管道铺设。

（2）三维软模型配管施工图图纸的输出

管道软件能在管道软模型的基础上产生施工图成品、管道轴测图（ISO'S DWG.）、管道材料表、管道材料汇总表等。

通过自动标注软件，能在管道软模型上切出管道平立面图，并自动标注设备、管道的定位尺寸及属性，建筑轴线号，柱间距等相关信息，大大节省了人力。

11.1.2 工程项目中配管设计人员的组织

以往配管专业利用管道软件从事项目设计时，管道平面图设计人员与管道模型设计人员是分开的，一个专业的工作，分成两部分人来完成，人为因素影响了设计质量，这是受到了计算机技术和人员素质的限制。而今平面图设计与模型设计已开始融合为一个整

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

体。对大型项目，配管负责人可配备一名专职或兼职的软件管理者，制定统一的软件执行规定，以及解决软件操作中出的问题，配备一名 IT 工程师，负责软件系统管理和文件、数据的备份工作。对中小型项目，IT 工程师是必不可少的。若干设计人员组成一个小组，共同完成从管道研究到模型设计直至最终完成配管设计成品。

11.1.3 配管专业应用 CAD 技术的效果

(1) 提高设计质量

以三维软模型为基础进行碰撞检查后出图，减少了碰撞等大错误。此外，由于三维模型的直观和逼真，也可避免操作空间不够，阀门手轮方向不正确等错误。配管布置图、轴测图和材料表来源于同一基础——软模型和管道数据库，因此不会产生不一致和矛盾，大大提高了设计质量。

(2) 加快设计进度和工程建设进度

由于采用 CAD，设计修改极其方便，统计材料由计算机自动进行。因此，大大节省手工绘图与统计所需时间，缩短设计周期。据国外某工程公司介绍，人工做 2 万英尺管道工程需 9 个月，采用 CAD 设计制图，包括建数据库和分析计算，只花 3 个月时间。

此外，CAD 图纸质量好、数据准确、提高了管段预制量。从而加快施工进度，缩短施工周期。

(3) 节省工程投资

应用 CAD 后能精确统计材料，较好地控制材料，避免浪费。一般统计材料可节省 1%～3%。国内一个石油化工装置，10 万米管道按轴测图落料，最后施工余量不到 10m。软模型经碰撞检查后及时更正也能节省投资。

(4) 提高设计竞争能力

国外工程公司普遍采用 CAD 技术，出图率甚至高达 100%。因此，要参与国际设计市场竞争，与国外工程公司合作则具有计算机辅助管道设计能力已成为主要条件之一。

11.1.4 计算机配管设计主要软件

采用 CAD 技术进行管道工程设计需要有相应的计算机硬、软件支持，包括计算机设备（服务器和终端微机）、平台软件和三维工厂设计应用软件。

目前，国内外工程公司应用较多的三维配管软件有如下几种：美国 Intergraph 公司 PDS 和 Smart PLANT 系列产品，英国 AVEVA 公司 PDMS 系列产品和美国 BENTLEY 公司 Auto PLANT 产品。由于软件均来自国外，故投资较大，若不是大项目，很难承受如此大的成本。国内也有一些单位自行开发管道设计软件，由于价格低廉、实用，在我国中小型设计院有一定影响，已取得了成绩，如 PDSFT、PDA 等。

11.2 三维模型设计

不同的管道软件虽然操作方法不同，但是其功能和模型设计流程是相似的。以下简要说明三维模型设计的方法和过程。

(1) 项目建立

首先必须建立项目三维模型的环境，如项目名称、若干模型的坐标系、设计、操作、校对人的权限设置、管道材料等级库路径、软件用户号指向、单管图自动生成设置、自动标注开关设置，以及模型中各种管件、设备、建筑颜色设置。

(2) 管道材料等级库的建立

根据配管材料专业编制的项目管道材料等级表，应用软件自有的生成器或文件从软件域筛选和调用项目中所需要的管道材料，包括外形尺寸、管件编码和管件描述，目前各种软件工程库中较完整的数据资料有 ANSI、DIN 标准。中国标准一些大设计院正在不断完善之中。

(3) 设备模型建立

在已设定好坐标系的设备模型中，根据设备平立面图、设备小样图上外形尺寸和管口方位输入所建各种设备的数据信息。然后打印出设备的位号、坐标和管接口等级、方位，以便检查。

(4) 钢结构模型建立

根据土建结构计算出的柱梁型钢规格，输入设定好坐标系的钢结构模型中，可快速的建立钢结构框架模型，同时生成型钢材料表。目前一些钢结构计算软件已与三维工厂设计软件有接口，三维软件可直接读取计算结果，生成钢结构模型。

(5) 管道模型建立

管道模型的建立应事先规划好，可依照管道平面分区图设置。设备模型范围一般与管道模型范围相一致，以方便建模和碰撞检查。建模时，设备及设备管接口是重要的依据。由于管接口已带有与之相接管道的属性，因此管道很容易建立起来，不需要再输入任何管道的属性。

目前绝大多数工程公司或设计院在建立管道模型时，均参照管道平面研究图进行，若配管设计人员三维空间想象力好的话，可简化管道研究图，直接在三维模型中设计管道。

(6) 仪表电气建模

仪表、电气建立模型，仅仅是电缆桥架、现场仪表和现场电气柜等，可帮助配管设计人员避免管道与之相碰。

(7) 检查报告和材料报表

从已建立的管道模型能自动提取出各种要求的材料报表，如材料汇总表、材料分项表、单管材料表等。从管道模型还可以产生供检查用报告，如点坐标报告、管件特性和材料报告等。以上报表和报告能在屏幕上显示，也可以在打印机输出。

(8) 碰撞检查

管道模型可能会出现管道之间及管道和设备、钢结构、钢筋混凝土结构、通风管、汇线槽之间的碰撞

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

现象。干扰检查软件可以自动地检查并显示出相碰的位置并产生报告。设计人员据此对设计进行必要修改，以确保设计质量，避免在施工时造成金钱和时间的浪费。

碰撞既可以管道和物体直接相碰的硬碰撞，也可以管道和物体周围必要的操作、维护空间和热、磁辐射范围相碰的软碰撞。该软件相碰的管道和物体通过屏幕闪耀和颜色的变化来显示。在报告中指明碰撞类型、碰撞的目标体及坐标位置。

(9) 其他功能操作

软件有配套管道应力分析程序和其他分析程序的接口。

软件具有消除隐藏线和渲染功能。经命令操作后可得到消除隐藏线图像的管道模型或渲染的管道模型。

软件还有和相应工艺仪表流程图核对的操作功能。通过命令操作可产生管道模型和流程图相偏差的报告，指出多余的、遗漏的和不符合的部件。

(10) 三维模型漫游软件

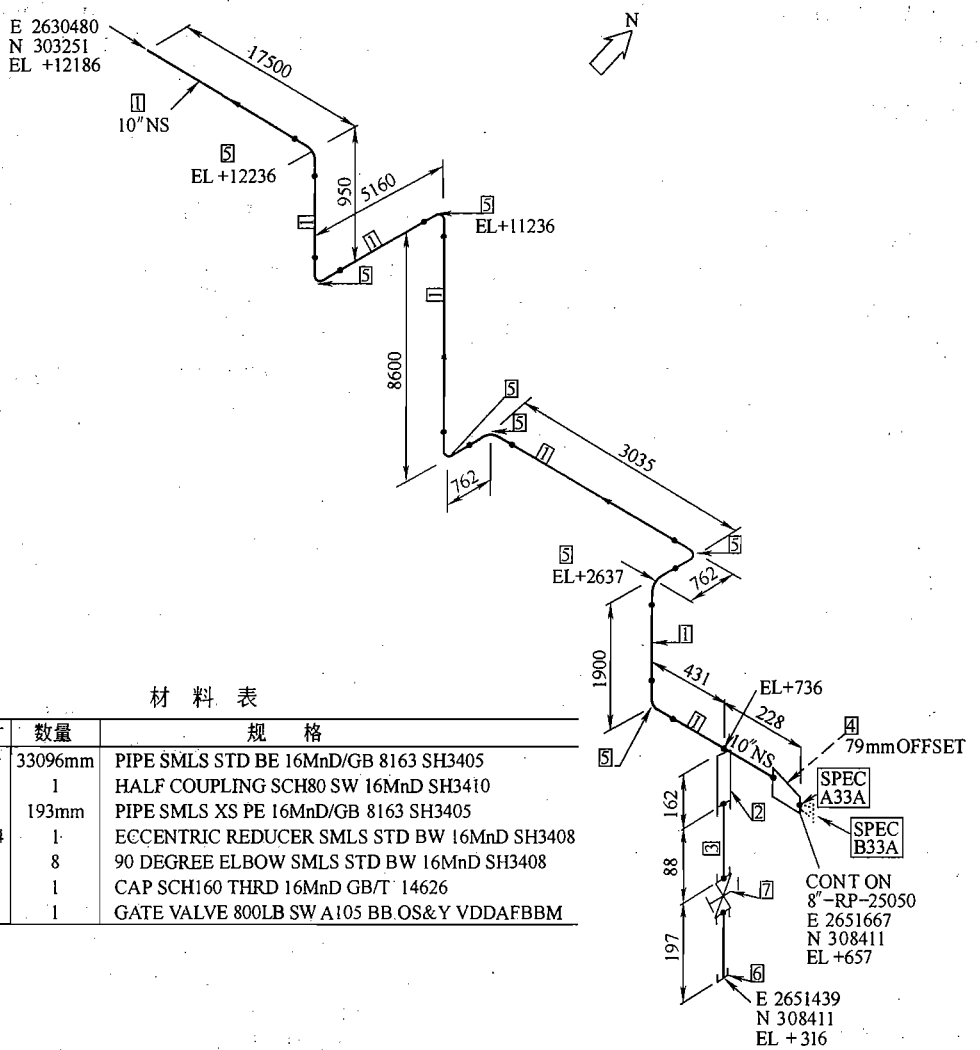
目前国外一些大型工程公司已取消常规我们所熟悉的核对，即审核管道图是在打印出的图纸上进行的。而是直接运用模型漫游软件在屏幕上进行。检查的内容有：可操作性、安全性，并考虑维修、施工及安装等要求。

(11) 管道轴测图

一般管道布置软件都配套有轴测图生成软件，能从建立的管道模型中产生施工图所需管道轴测图。该图包括尺寸、管件标记、物料流向、端点坐标及接续号等，还同时生成管段材料表，管段切割长度表等，如图 26-70 所示。

(12) 管道平面图（见图 26-71）

人工标注平面图是一件很费时间的工作，估计完成一张 A0 图纸标注要花一个星期左右，现在各种三维配管软件均有自动标注软件之配套，自动标注可比原先人工标注节省 50%工时。



材 料 表

件号	尺寸	数量	规 格
1	10	33096mm	PIPE SMLS STD BE 16MnD/GB 8163 SH3405
2	3/4	1	HALF COUPLING SCH80 SW 16MnD SH3410
3	3/4	193mm	PIPE SMLS XS PE 16MnD/GB 8163 SH3405
4	10×4	1	ECCENTRIC REDUCER SMLS STD BW 16MnD SH3408
5	10	8	90 DEGREE ELBOW SMLS STD BW 16MnD SH3408
6	3/4	1	CAP SCH160 THRD 16MnD GB/T 14626
7	3/4	1	GATE VALVE 800LB SW A105 BB OS&Y VDDAFBBM

图 26-70 管道轴测图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

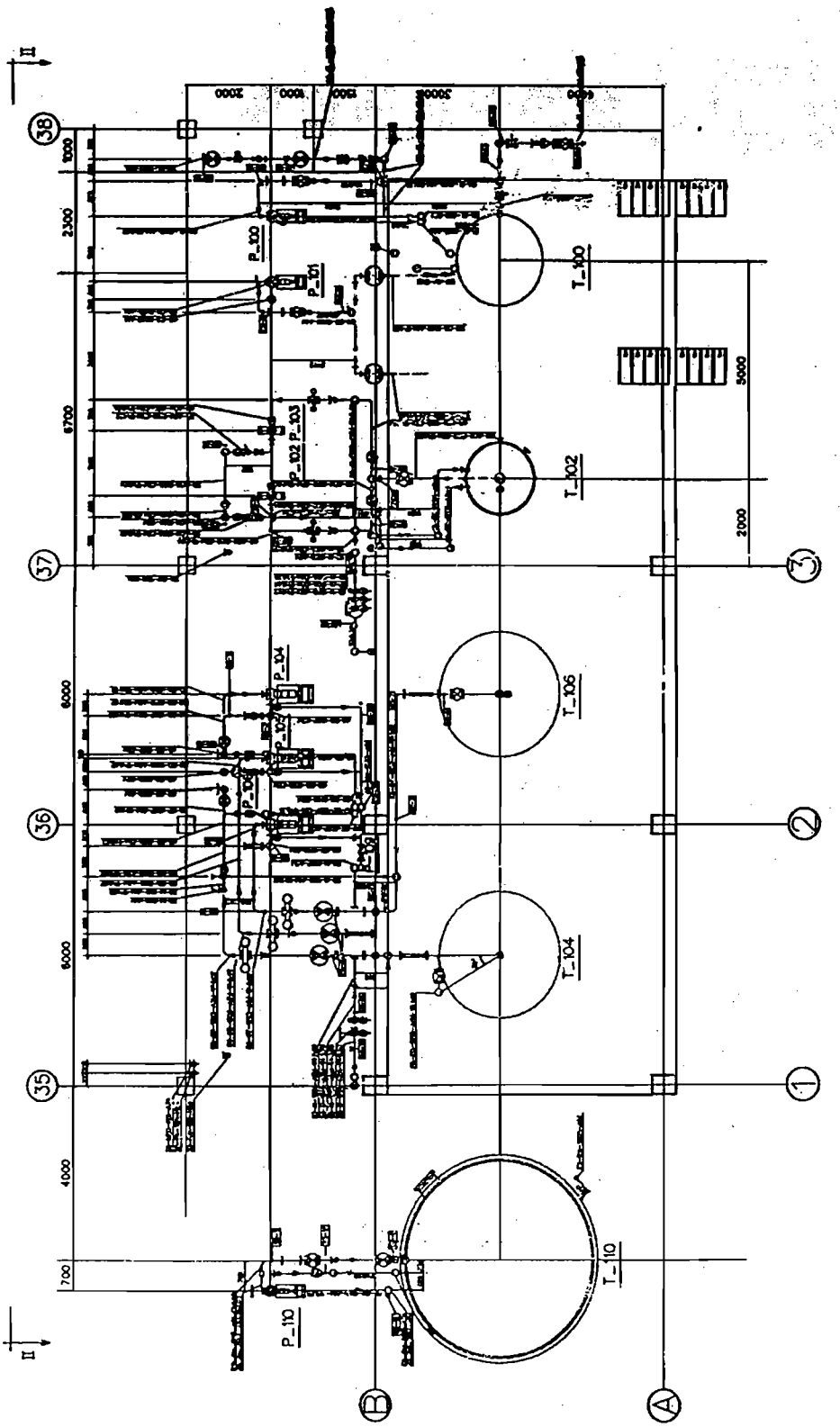


图 26-71　管道平面图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第27章 金属管道和管件

1 金属管

1.1 钢管的外径和壁厚系列（见表 27-1～表 27-3）

表 27-1 中国 HG 20553、SH 3405、GB 17395 系列尺寸

公称直径 DN		外径/mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)														
A	B		5S	10S	10	20	30	40S	40	60	80S	80	100	120	140	160	XXS
6	1/8	10.2	1.0 0.23	1.2 0.27				1.8 0.37	1.8 0.37		2.3 0.45	2.3 0.45					
8	1/4	13.5	1.2 0.36	1.6 0.47				1.8 0.52	2.3 0.64		2.9 0.76	2.9 0.76					
10	3/8	17.2	1.2 0.47	1.6 0.62				2.3 0.85	2.3 0.85		3.2 1.10	3.2 1.10					
15	1/2	21.3	1.6 0.78	2.0 0.95				2.9 1.32	2.9 1.32		3.6 1.57	3.6 1.57				4.5 1.86	
20	3/4	26.9	1.6 1.00	2.0 1.23				2.9 1.72	2.9 1.72		4.0 2.26	4.0 2.26				5.6 2.94	
25	1	33.7	1.6 1.27	2.0 2.20				3.2 2.41	3.2 2.41		4.5 3.24	4.5 3.24				6.3 4.26	
(32)	1¼	42.4	1.6 1.61	2.9 2.82				3.6 3.44	3.6 3.44		5.0 4.61	5.0 4.61				6.3 5.61	
40	1½	48.3	1.6 1.84	2.9 3.25				3.6 3.97	3.6 3.97		5.0 5.34	5.0 5.34				7.1 7.21	
50	2	60.3	1.6 2.32	2.9 4.10		3.2 4.51		4.0 5.55	4.0 5.55		5.6 7.55	5.6 7.55				8.8 11.18	
(65)	2½	76.1	2.0 3.65	3.2 5.75		4.5 7.95		5.0 8.77	5.0 8.77		7.1 12.08	7.1 12.08				10.0 16.30	
80	3	88.9	2.0 4.29	3.2 6.76		4.5 9.37		5.6 11.50	5.6 11.50		8.0 15.96	8.0 15.96				11.0 21.13	
100	4	114.3	2.0 5.54	3.2 8.76		5.0 13.48		6.3 16.78	6.3 16.78		8.8 22.89	8.8 22.89		11.0 28.02		14.2 35.05	
(125)	5	139.7	2.9 9.78	3.6 12.08		5.0 16.61		6.3 20.72	6.3 20.72		10.0 31.98	10.0 31.98		12.5 39.21		16.0 48.81	
150	6	168.3	2.9 11.83	3.6 14.62		5.6 22.47		7.1 28.22	7.1 28.22		11.0 42.67	11.0 42.67		14.2 53.96		17.5 65.08	
200	8	219.1	2.9 16.46	4.0 21.22		6.3 33.06	7.1 37.12	8.0 41.65	8.0 41.65	10.0 51.56	12.5 63.68	12.5 63.68	16.0 80.14	17.5 87.00	20.0 98.20	22.2 107.79	
250	10	273.0	3.6 23.92	4.0 26.53		6.3 41.43	8.0 52.28	8.8 57.33	8.8 57.33	12.5 80.30	12.5 80.30	16.0 101.40	17.5 110.26	22.2 137.30	25.0 137.48	28.0 169.17	
300	12	323.9	4.0 31.55	4.5 35.44		6.3 49.34	8.8 68.38	10.0 77.41	10.0 77.41	14.2 108.45	12.5 95.99	17.5 132.23	22.2 165.17	25.0 184.27	28.0 204.31	32.0 230.34	
350	14	355.6	4.0 34.68	5.0 43.23	6.3 54.27	8.0 68.57	10.0 85.22	10.0 85.22	11.0 93.48	16.0 133.99	12.5 105.76	20.0 165.52	25.0 203.81	28.0 226.20	32.0 255.36	36.0 283.73	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN		外径/mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)														
A	B		5S	10S	10	20	30	40S	40	60	80S	80	100	120	140	160	XXS
400	16	406.4	4.0 39.69	5.0 49.49	6.3 62.16	8.0 78.60	10.0 97.75	10.0 97.75	12.5 121.42	17.5 167.83	12.5 121.42	22.2 210.33	28.0 261.28	30.0 278.45	36.0 328.83	40.0 361.42	
450	18	457.0	4.0 44.68	5.0 55.72	6.3 70.02	8.0 88.58	11.0 120.98	10.0 110.23	14.2 155.06	20.0 215.53	12.5 137.02	25.0 266.33	30.0 315.89	36.0 373.75	40.0 411.33	45.0 457.20	
500	20	508.0	5.0 62.02	5.6 69.38	6.3 77.94	10.0 122.81	12.5 152.74	10.0 122.81	16.0 194.12	20.0 240.68	12.5 152.74	28.0 331.43	32.0 375.62	40.0 461.64	45.0 513.79	50.0 564.71	
(550)	22	559.0	5.0 68.31	5.6 76.42	6.3 85.87	10.0 135.38	12.5 168.46	10.0 135.38	— —	25.0 329.21	12.5 168.46	28.0 366.64	36.0 464.30	40.0 511.94	50.0 627.60	55.0 683.58	
600	24	610.0	5.6 83.47	6.3 93.79	6.3 93.79	10.0 147.96	14.2 208.63	10.0 147.96	17.5 255.69	25.0 360.65	12.5 184.18	32.0 456.11	40.0 562.25	45.0 626.98	55.0 752.75	60.0 813.78	

注：1. 本表系 HG 20553 的数据，SH 3405 因经过圆整，故稍有差异。SH 3405 目前正在修订，修订后尺寸与 ANSI B36.10M和 B36.19M 基本一致

2. 表中括号内为不推荐使用的规格尺寸。

表 27-2　美国 ANSI B36.10M、B36.19M 系列尺寸

公称直径 DN		外径/mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)														
A	B		5S	10S	10	20	30	40	Std 40S	60	80	XS 80S	100	120	140	160	XXS
6	1/8	10.29		1.25 0.28	1.25 0.28			1.73 0.37	1.73 0.37		2.41 0.48	2.41 0.48					
8	1/4	13.72		1.65 0.48	1.65 0.48			2.24 0.64	2.24 0.64		3.02 0.81	3.02 0.81					
10	3/8	17.15		1.65 0.64	1.65 0.64			2.31 0.86	2.31 0.86		3.20 1.12	3.20 1.12					
15	1/2	21.34	1.65 0.81	2.11 1.01	2.11 1.01			2.77 1.29	2.77 1.29		3.73 1.64	3.73 1.64				4.78 1.96	7.47 2.65
20	3/4	26.67	1.65 1.03	2.11 1.30	2.11 1.30			2.87 1.71	2.87 1.71		3.91 2.23	3.91 2.23				5.56 2.94	7.82 3.69
25	1	33.40	1.65 1.31	2.77 2.12	2.77 2.12			3.38 2.54	3.38 2.54		4.55 3.28	4.55 3.28				6.35 4.30	9.09 5.75
(32)	(1¼)	42.16	1.65 1.67	2.77 2.73	2.77 2.73			3.56 3.43	3.56 3.43		4.85 4.53	4.85 4.53				6.35 5.69	9.70 7.88
40	1½	48.26	1.65 1.93	2.77 3.15	2.77 3.15			3.68 4.11	3.68 4.11		5.08 5.49	5.08 5.49				7.14 7.37	10.16 9.69
50	2	60.33	1.65 2.42	2.77 3.98	2.77 3.98			3.91 5.52	3.91 5.52		5.54 7.59	5.54 7.59				8.74 11.28	11.07 13.65
(65)	(2½)	73.03	2.11 3.74	3.05 5.34	3.05 5.34			5.16 8.76	5.16 8.76		7.01 11.58	7.01 11.58				9.53 15.14	14.02 20.70
80	3	88.90	2.11 4.58	3.05 6.54	3.05 6.54			5.49 11.45	5.49 11.45		7.62 15.50	7.62 15.50				11.13 21.65	15.24 28.09

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN		外径 /mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)														
A	B		5S	10S	10	20	30	40	Std 40S	60	80	XS 80S	100	120	140	160	XXS
(90)	(3½)	101.60	2.11 5.25	3.05 7.52	3.05 7.52			5.74 13.77	5.74 13.77		8.08 18.90	8.08 18.90					
100	4	114.30	2.11 5.92	3.05 8.48	3.05 8.48			6.02 16.31	6.02 16.31		8.56 22.65	8.56 22.65		11.13 28.32		13.49 34.02	17.12 41.63
(125)	(5)	141.30	2.77 9.50	3.40 11.74	3.40 11.74			6.55 22.10	6.55 22.10		9.52 31.41	9.52 31.41		12.70 40.28		15.88 49.83	19.05 58.28
150	6	168.28	2.77 11.47	3.40 14.04	3.40 14.04			7.11 28.68	7.11 28.68		10.97 43.19	10.97 43.19		14.27 54.20		18.26 66.56	21.95 80.36
200	8	219.08	2.77 14.99	3.76 20.25	3.76 20.25	6.35 33.31	7.04 36.81	8.18 43.16	8.18 43.16	10.31 53.08	12.70 65.59	12.70 65.59	15.09 75.92	18.26 90.44	20.62 100.92	23.01 112.90	22.23 109.48
250	10	273.05	3.40 22.97	4.19 28.20	4.19 28.20	6.35 41.77	7.78 51.03	9.27 61.20	9.27 61.20	12.70 81.55	15.09 97.40	12.70 81.55	18.26 114.75	21.44 133.06	25.40 155.15	28.58 174.82	25.40 157.41
300	12	323.85	3.96 31.72	4.57 36.53	4.57 36.53	6.35 49.73	8.38 65.20	10.31 80.91	9.53 74.92	14.28 108.96	17.48 133.98	12.70 97.46	21.44 159.91	25.40 186.97	28.58 208.14	33.52 242.26	25.40 189.70
350	14	355.60	3.96 34.87	4.78 41.92	6.35 55.56	7.93 67.90	9.53 81.33	11.09 95.50	9.53 81.33	15.09 126.71	19.05 160.44	12.70 107.39	23.83 194.96	27.79 224.65	31.75 253.56	35.71 285.88	
400	16	406.40	4.19 42.18	4.78 47.99	6.35 63.57	7.93 77.83	9.53 93.27	12.70 125.12	9.53 93.27	16.66 160.12	21.44 206.52	12.70 123.30	26.19 245.56	30.96 286.64	36.53 333.19	40.49 370.73	
450	18	457.20	4.19 47.15	4.78 54.06	6.35 71.64	7.93 87.71	11.13 122.38	14.28 158.22	9.53 105.16	19.05 205.74	23.83 258.38	12.70 139.15	29.36 309.62	34.93 363.56	39.67 408.26	45.24 466.35	
500	20	508.00	4.77 60.13	5.53 69.62	6.35 79.71	9.53 117.15	12.70 155.12	15.09 186.10	9.53 117.15	20.63 247.83	26.19 315.74	12.70 155.12	32.54 381.53	38.10 441.49	44.45 508.11	50.01 573.18	
(550)	(22)	558.80	4.77 66.20	5.53 76.66	6.35 87.79	9.53 129.13	12.70 171.09		9.53 129.13	22.23 294.25	28.58 379.14	12.70 171.09	34.93 451.42	41.28 527.02	47.63 600.63	53.96 681.82	
600	24	609.60	5.53 83.70	6.35 95.86	6.35 95.86	9.53 141.12	14.28 209.64	17.48 258.94	9.53 141.12	24.61 355.26	30.96 448.34	12.70 187.06	38.89 547.71	46.02 640.03	52.37 720.15	59.54 819.55	
(650)	(26)	660.40			7.93 129.39	12.70 202.72			9.53 125.87			12.70 202.72					
700	28	711.20			7.93 139.46	12.70 218.69	15.88 271.21		9.53 164.85			12.70 218.69					
(750)	(30)	762.00	6.35 120.08	7.92 1253.85	7.93 149.54	12.70 234.67	15.88 292.18		9.53 176.84			12.70 234.67					
800	32	812.80			7.93 159.62	12.70 250.64	15.88 312.15		9.53 188.82			12.70 250.64					
(850)	(34)	863.60			7.93 169.69	12.70 266.61	15.88 332.12		9.53 200.31			12.70 266.61					
900	36	914.40			7.93 179.76	12.70 282.27	15.88 351.70		9.53 212.56			12.70 282.27					
(950)	(38)	965.00							9.53 224.54			12.70 298.24					
1000	40	1016.00							9.53 238.53			12.70 314.22					
(1050)	(42)	1067.00							9.53 248.52			12.70 330.19					
(1200)	48	1219.00							9.53 284.24			12.70 377.80					
1400	56	1422.00							9.53 331.94			12.70 441.37					
1500	60	1524.00							9.53 355.92			12.70 473.31					
1800	72	1829.00							9.53 372.87			12.70 568.83					

注：表中括号内为不推荐使用的规格尺寸。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-3　日本 JIS 系列尺寸

公称直径 DN		外径 /mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)																			
A	B		5S	10S	20S	SGP	LG	10	20	30	Std	40S	40	60	XS	80S	80	100	120	140	160	XXS
6	1/8	10.5	1.0 0.234	1.2 0.275	1.5 0.333	2.0 0.419	—	—	—	—	1.7 0.369	1.7 0.369	1.7 0.369	2.2 0.45	2.4 0.479	2.4 0.479	2.4 0.479	—	—	—	—	—
8	1/4	13.8	1.2 0.376	1.65 0.494	2.0 0.587	2.3 0.652	—	—	—	—	2.2 0.629	2.2 0.629	2.2 0.629	2.4 0.675	3.0 0.799	3.0 0.799	3.0 0.799	—	—	—	—	—
10	3/8	17.3	1.2 0.476	1.65 0.637	2.0 0.755	2.3 0.851	—	—	—	—	2.3 0.851	2.3 0.851	2.3 0.851	2.8 1.00	3.2 1.11	3.2 1.11	3.2 1.11	—	—	—	—	—
15	1/2	21.7	1.65 0.816	2.1 1.02	2.5 1.18	2.8 1.31	—	—	—	—	2.8 1.28	2.8 1.28	2.8 1.28	3.2 1.46	3.7 1.61	3.7 1.61	3.7 1.61	—	—	—	4.7 1.97	7.5 2.55
20	3/4	27.2	1.65 1.04	2.1 1.3	2.5 1.52	2.8 1.68	—	—	—	—	2.9 1.7	2.9 1.7	2.9 1.7	3.4 2.0	3.9 2.19	3.9 2.19	3.9 2.19	—	—	—	5.5 2.88	7.8 3.68
25	1	34	1.65 1.32	2.8 2.15	3.0 2.29	3.2 2.43	—	—	—	—	3.4 2.52	3.4 2.52	3.4 2.52	3.9 2.89	4.5 3.21	4.5 3.21	4.5 3.21	—	—	—	6.4 4.36	9.1 5.45
(32)	(1¼)	42.7	1.65 1.67	2.8 2.76	3.0 2.94	3.5 3.38	—	—	—	—	3.6 3.43	3.6 3.43	3.6 3.43	4.5 4.24	4.9 4.51	4.9 4.51	4.9 4.51	—	—	—	6.4 5.65	9.7 7.77
40	1½	48.6	1.65 1.91	2.8 3.16	3.0 3.37	3.5 3.89	—	—	—	—	3.7 4.07	3.7 4.07	3.7 4.07	4.5 4.89	5.1 5.43	5.1 5.43	5.1 5.43	—	—	—	7.1 7.27	10.2 9.58
50	2	60.5	1.65 2.39	2.8 3.98	3.5 4.92	3.8 5.31	—	—	3.2 4.52	—	3.9 5.42	3.9 5.42	3.9 5.42	4.9 6.72	5.5 7.43	5.5 7.43	5.5 7.43	—	—	—	8.7 11.1	11.1 13.3
(65)	(2½)	76.3	2.1 3.84	3.0 5.42	3.5 6.28	4.2 7.47	—	—	4.5 7.97	—	5.2 8.67	5.2 8.67	5.2 8.67	6.0 10.4	7.0 11.4	7.0 11.4	7.0 11.4	—	—	—	9.5 14.9	14.0 20.4
80	3	89.1	2.1 4.51	3.0 6.37	4.0 8.39	4.2 8.79	—	—	4.5 9.39	—	5.5 11.3	5.5 11.3	5.5 11.3	6.6 13.4	7.6 15.2	7.6 15.2	7.6 15.2	—	—	—	11.1 21.4	15.2 27.6
(90)	(3½)	101.6	2.1 5.15	3.0 7.29	4.0 9.63	4.2 10.1	—	—	4.5 10.8	—	5.7 13.5	5.7 13.5	5.7 13.5	7.0 16.3	8.1 18.7	8.1 18.7	8.1 18.7	—	—	—	12.7 27.8	—
100	4	114.3	2.1 5.81	3.0 8.23	4.0 10.9	4.5 12.2	—	—	4.9 13.2	—	6.0 16.0	6.0 16.0	6.0 16.0	7.1 18.8	8.6 22.4	8.6 22.4	8.6 22.4	—	11.1 28.2	—	13.5 33.6	17.1 41.0
(125)	(5)	139.8	2.8 9.46	3.4 11.4	5.0 16.9	4.5 15.0	—	—	5.1 16.9	—	6.6 21.9	6.6 21.9	6.6 21.9	8.1 26.3	9.5 30.9	9.5 30.9	9.5 30.9	—	12.7 39.8	—	15.9 49.2	19.0 57.6
150	6	165.2	2.8 11.2	3.4 13.6	5.0 19.8	5.0 19.8	5.0 —	—	5.5 21.7	—	7.1 28.2	7.1 28.2	7.1 28.2	9.3 35.8	11.0 42.7	11.0 42.7	11.0 42.7	—	14.3 53.2	—	18.2 67.4	21.9 79.1
(175)	(7)	190.7	— —	— —	— —	5.3 24.2	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200	8	216.3	2.8 14.7	4.0 20.9	6.5 33.6	5.8 30.1	5.8 —	—	6.4 33.1	7.0 36.1	8.2 42.6	8.2 42.6	8.2 42.6	10.3 52.3	12.7 64.6	12.7 64.6	12.7 64.6	15.1 74.9	18.2 88.9	20.6 99.4	23.0 111.0	22.2 108
(225)	(9)	241.8	— —	— —	— —	6.2 36.0	— —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	10	267.4	3.4 22.1	4.0 26.0	6.5 41.8	6.6 42.4	6.6 —	—	6.4 41.2	7.8 49.9	9.3 60.5	9.3 60.5	9.3 60.5	12.7 79.8	12.7 81.6	12.7 81.6	15.1 96.1	18.3 112	21.4 130	25.4 152	28.6 172	25.4 152
300	12	318.5	4.0 31.0	4.5 34.8	6.5 50.0	6.9 53.0	6.9 —	—	6.4 49.3	8.4 64.2	9.5 73.7	10.3 79.1	10.3 79.7	14.3 107	12.7 97.5	12.7 97.5	17.4 132	21.4 157	25.4 184	28.6 204	33.3 239	25.4 184
350	14	355.6	4.0 35.0	4.8 43.7	7.9 69.3	7.9 67.7	7.9 67.7	6.4 55.1	7.9 67.7	9.5 81.1	9.5 81.1	11.1 95.3	11.1 94.3	15.1 127	12.7 107	— —	19.0 158	23.8 195	27.8 225	31.8 254	35.7 282	—
400	16	406.4	4.2 45.1	4.8 50.0	7.9 79.4	7.9 77.6	7.9 77.6	6.4 63.1	7.9 77.6	9.5 93.0	9.5 93.0	12.7 125	12.7 123	16.7 160	12.7 123	— —	21.4 203	26.2 246	30.9 286	36.5 333	40.5 359	—
450	18	457.2	4.2 50.7	4.8 56.3	7.9 89.5	7.9 87.5	7.9 87.5	6.4 71.1	7.9 87.5	11.1 122	9.5 105	14.3 158	14.3 156	19.0 205	12.7 139	— —	23.8 254	29.4 310	34.9 363	39.7 409	45.2 459	—
500	20	508.0	4.8 62.6	5.5 68.6	9.5 118	7.9 97.4	7.9 97.4	6.4 79.2	9.5 117	12.7 155	9.5 117	15.1 185	15.1 183	20.6 248	12.7 155	— —	26.2 311	32.5 381	38.1 441	44.4 508	50.0 565	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN		外径 /mm	壁厚/mm 质量/(kg/m)																			
A	B		5S	10S	20S	SGP	LG	10	20	30	Std	40S	40	60	XS	80S	80	100	120	140	160	XXS
(550)	(22)	558.8	4.8 69.0	5.5 75.8	9.5 130	— —	7.9 107	6.4 87.2	9.5 129	12.7 171	9.5 129	15.9 215	15.9 213	22.2 294	12.7 171	— —	28.6 374	34.9 451	41.3 527	47.6 600	54.0 672	— —
600	24	609.6	5.5 82.8	6.5 97.7	9.5 142	— —	7.9 117	6.4 95.2	9.5 141	14.3 210	9.5 141	17.5 258	17.4 256	24.6 355	12.7 187	— —	31.0 442	38.9 547	46 639	52.4 720	59.5 807	— —
(650)	(26)	660.4	5.5 89.7	8.0 130	12.7 205	— —	7.9 127	7.9 103	12.7 203	— —	9.5 152	17.5 280	18.9 299	— 413	12.7 203	— —	— 525	— 635	— 740	— 843	— 944	— —
700	28	711.2	5.5 96.7	8.0 140	12.7 221	— —	7.9 137	7.9 137	12.7 219	15.9 272	9.5 164	17.5 302	— 326	— —	12.7 219	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
(750)	(30)	762	6.5 122	8.0 150	12.7 237	— —	7.9 147	7.9 147	12.7 235	15.9 292	9.5 176	17.5 325	— —	— —	12.7 235	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
800	32	812.8	— —	8.0 160	12.7 253	— —	7.9 157	7.9 157	12.7 251	15.9 312	9.5 188	17.5 347	17.4 —	— —	12.7 251	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
(850)	(34)	863.6	— —	8.0 171	12.7 269	— —	7.9 167	7.9 167	12.7 266	15.9 332	9.5 200	17.5 369	17.4 341	— —	12.7 266	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
900	36	914.4	— —	8.0 181	12.7 285	— —	7.9 177	7.9 177	12.7 282	15.9 352	9.5 212	19.1 426	19.0 363	— —	12.7 282	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
(950)	(38)	965.2	— —	— —	— —	— —	7.9 187	— —	— —	— —	9.5 224	— —	— 420	— —	12.7 298	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
1000	40	1016.0	— —	9.5 238	14.3 357	— —	7.9 196	— —	— —	— —	9.5 236	26.2 646	— —	— —	12.7 314	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
(1050)	(42)	1066.8	— —	— —	— —	— —	7.9 206	— —	— —	— —	9.5 248	— —	— —	— —	12.7 330	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
1100	44	1117.6	— —	— —	— —	— —	7.9 216	— —	— —	— —	9.5 260	— —	— —	— —	12.7 346	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
(1150)	(46)	1168.4	— —	— —	— —	— —	7.9 226	— —	— —	— —	9.5 272	— —	— —	— —	12.7 362	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —
1200	48	1219.2	— —	— —	— —	— —	7.9 236	— —	— —	— —	9.5 283	— —	— —	— —	12.7 378	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —

注：表中括号内为不推荐使用的规格尺寸。

1.2 钢管的技术参数（见表 27-4）

表 27-4 钢管技术参数

公称直径 外径/in	管表号①			壁厚 /in	内径 /in	内截面积 /in²	金属截面积 /in²	外表面面积 /(ft²/ft)	内表面面积 /(ft²/ft)	质量② /(lb/ft)	质量（充水）/(lb/ft)	转动惯量 /in⁴	弹性截面模量 /in³	回转半径 /in	塑性截面模量 /in³
	a	b	c												
½ 0.840	5	—	5S	0.065	0.710	0.396	0.158	0.220	0.186	0.538	0.171	0.012	0.029	0.275	0.039
	10	—	10S	0.083	0.674	0.357	0.197	0.220	0.177	0.671	0.155	0.014	0.034	0.269	0.048
	40	Std	40S	0.109	0.622	0.304	0.250	0.220	0.163	0.851	0.132	0.017	0.041	0.261	0.059
	80	XS	80S	0.147	0.546	0.234	0.320	0.220	0.143	1.088	0.101	0.020	0.048	0.251	0.072
	160	—	—	0.187	0.466	0.171	0.383	0.220	0.122	1.304	0.074	0.022	0.053	0.240	0.082
	—	XXS	—	0.294	0.252	0.050	0.504	0.220	0.066	1.714	0.022	0.024	0.058	0.220	0.096

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚 /in	内径 /in	内截面面积 /in²	金属截面面积 /in²	外表面面积 /(ft²/ft)	内表面面积 /(ft²/ft)	质量② /(lb/ft)	质量(充水) /(lb/ft)	转动惯量 /in⁴	弹性截面模量 /in³	回转半径 /in	塑性截面模量 /in³
	5	—	5S	0.065	0.920	0.665	0.201	0.275	0.241	0.684	0.288	0.025	0.047	0.349	0.063
	10	—	10S	0.083	0.884	0.614	0.252	0.275	0.231	0.857	0.266	0.030	0.057	0.343	0.078
¾	40	Std	40S	0.113	0.824	0.533	0.333	0.275	0.216	1.131	0.230	0.037	0.071	0.334	0.100
1.050	80	XS	80S	0.154	0.742	0.432	0.435	0.275	0.194	1.474	0.188	0.045	0.085	0.321	0.125
	160	—	—	0.218	0.614	0.296	0.570	0.275	0.161	1.937	0.128	0.053	0.100	0.304	0.154
	—	XXS	—	0.308	0.434	0.148	0.718	0.275	0.114	2.441	0.064	0.058	0.110	0.284	0.179
	5	—	5S	0.065	1.185	1.103	0.2553	0.344	0.310	0.868	0.478	0.0500	0.0760	0.443	0.102
	10	—	10S	0.109	1.097	0.945	0.413	0.344	0.2872	1.404	0.409	0.0757	0.1151	0.428	0.159
1	40	Std	40S	0.133	1.049	0.864	0.494	0.344	0.2746	1.679	0.374	0.0874	0.1329	0.421	0.187
1.315	80	XS	80S	0.179	0.957	0.719	0.639	0.344	0.2520	2.172	0.311	0.1056	0.1606	0.407	0.233
	160	—	—	0.250	0.815	0.522	0.836	0.344	0.2134	2.844	0.2261	0.1252	0.1903	0.387	0.289
	—	XXS	—	0.358	0.599	0.2818	1.076	0.344	0.1570	3.659	0.1221	0.1405	0.2137	0.361	0.343
	5	—	5S	0.065	1.770	2.461	0.375	0.497	0.463	1.274	1.067	0.1580	0.1663	0.649	0.219
	10	—	10S	0.109	1.682	2.222	0.613	0.497	0.440	2.085	0.962	0.2469	0.2599	0.634	0.350
1½	40	Std	40S	0.145	1.610	2.036	0.799	0.497	0.421	2.718	0.882	0.310	0.326	0.623	0.448
1.900	80	XS	80S	0.200	1.500	1.767	1.068	0.497	0.393	3.631	0.765	0.391	0.412	0.605	0.581
	160	—	—	0.281	1.338	1.406	1.429	0.497	0.350	4.859	0.608	0.483	0.508	0.581	0.744
	—	XXS	—	0.400	1.100	0.950	1.885	0.497	0.288	6.408	0.412	0.568	0.598	0.549	0.921
	5	—	5S	0.065	2.245	3.96	0.472	0.622	0.588	1.604	1.716	0.315	0.2652	0.817	0.347
	10	—	10S	0.109	2.157	3.65	0.776	0.622	0.565	2.638	1.582	0.499	0.420	0.802	0.560
2	40	Std	40S	0.154	2.067	3.36	1.075	0.622	0.541	3.653	1.455	0.666	0.561	0.787	0.761
2.375	80	XS	80S	0.218	1.939	2.953	1.477	0.622	0.508	5.022	1.280	0.868	0.731	0.766	1.018
	160	—	—	0.343	1.689	2.240	2.190	0.622	0.422	7.444	0.971	1.163	0.979	0.729	1.430
	—	XXS	—	0.436	1.503	1.774	2.656	0.622	0.393	9.029	0.769	1.312	1.104	0.703	1.667
	5	—	5S	0.083	3.334	8.73	0.891	0.916	0.873	3.03	3.78	1.301	0.744	1.208	0.969
	10	—	10S	0.120	3.260	8.35	1.274	0.916	0.853	4.33	3.61	1.822	1.041	1.196	1.372
3	40	Std	40S	0.216	3.068	7.39	2.228	0.916	0.803	7.58	3.20	3.02	1.724	1.164	2.333
3.500	80	XS	80S	0.300	2.900	6.61	3.02	0.916	0.759	10.25	2.864	3.90	2.226	1.136	3.081
	160	—	—	0.437	2.626	5.42	4.21	0.916	0.687	14.32	2.348	5.03	2.876	1.094	4.128
	—	XXS	—	0.600	2.300	4.15	5.47	0.916	0.602	18.58	1.801	5.99	3.43	1.047	5.118
	5	—	5S	0.083	4.334	14.75	1.152	1.178	1.135	3.92	6.40	2.811	1.249	1.562	1.620
	10	—	10S	0.120	4.260	14.25	1.651	1.178	1.115	5.61	6.17	3.96	1.762	1.549	2.303
	40	Std	40S	0.237	4.026	12.73	3.17	1.178	1.054	10.79	5.51	7.23	3.21	1.510	4.312
4	80	XS	80S	0.337	3.826	11.50	4.41	1.178	1.002	14.98	4.98	9.61	4.27	1.477	5.853
4.500	120	—	—	0.437	3.626	10.33	5.58	1.178	0.949	18.96	4.48	11.65	5.18	1.445	7.242
	160	—	—	0.531	3.438	9.28	6.62	1.178	0.900	22.51	4.02	13.27	5.90	1.416	8.415
	—	XXS	—	0.674	3.152	7.80	8.10	1.178	0.825	27.54	3.38	15.29	6.79	1.374	9.968

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚/in	内径/in	内截面积/in²	金属截面积/in²	外表面面积/(ft²/ft)	内表面面积/(ft²/ft)	质量②/(lb/ft)	质量(充水)/(lb/ft)	转动惯量/in⁴	弹性截面模量/in³	回转半径/in	塑性截面模量/in³
6 6.625	5	—	5S	0.109	6.407	32.2	2.231	1.734	1.677	5.37	13.98	11.85	3.58	2.304	4.628
	10	—	10S	0.134	6.357	31.7	2.733	1.734	1.664	9.29	13.74	14.40	4.35	2.295	5.647
	40	Std	40S	0.280	6.065	28.89	5.58	1.734	1.588	18.97	12.51	28.14	8.50	2.245	11.280
	80	XS	80S	0.432	5.761	26.07	8.40	1.734	1.508	28.57	11.29	40.5	12.23	2.195	16.600
	120	—	—	0.562	5.501	23.77	10.70	1.734	1.440	36.39	10.30	49.6	14.98	2.153	20.718
	160	—	—	0.718	5.189	21.15	13.33	1.734	1.358	45.30	9.16	59.0	17.81	2.104	25.176
	—	XXS	—	0.864	4.897	18.83	15.64	1.734	1.282	53.16	8.17	66.3	20.03	2.060	28.890
8 8.625	5	—	5S	0.109	8.407	55.5	2.916	2.258	2.201	9.91	24.07	26.45	6.13	3.01	7.905
	10	—	10S	0.148	8.329	54.5	3.94	2.258	2.180	13.40	23.59	35.4	8.21	3.00	10.636
	20	—	—	0.250	8.125	51.8	6.58	2.258	2.127	22.36	22.48	57.7	13.39	2.962	17.540
	30	—	—	0.277	8.071	51.2	7.26	2.258	2.113	24.70	22.18	63.4	14.69	2.953	19.311
	40	Std	40S	0.322	7.981	50.0	8.40	2.258	2.089	28.55	21.69	72.5	16.81	2.938	22.210
	60	—	—	0.406	7.813	47.9	10.48	2.258	2.045	35.64	20.79	88.8	20.58	2.909	27.448
	80	XS	80S	0.500	7.625	45.7	12.76	2.258	1.996	43.39	19.80	105.7	24.52	2.878	33.050
	100	—	—	0.593	7.439	43.5	14.96	2.258	1.948	50.87	18.84	121.4	28.14	2.847	38.326
	120	—	—	0.718	7.189	40.6	17.84	2.258	1.882	60.63	17.60	140.6	32.6	2.807	45.013
	140	—	—	0.812	7.001	38.5	19.93	2.258	1.833	67.76	16.69	153.8	35.7	2.777	49.745
	—	XXS	—	0.875	6.875	37.1	21.30	2.258	1.800	72.42	16.09	162.0	37.6	2.757	52.778
	160	—	—	0.906	6.813	36.5	21.97	2.258	1.784	74.69	15.80	165.9	38.5	2.748	54.230
10 10.750	5	—	5S	0.134	10.482	86.3	4.52	2.815	2.744	15.15	37.4	63.7	11.85	3.75	15.103
	10	—	10S	0.165	10.420	85.3	5.49	2.815	2.728	18.70	36.9	76.9	14.30	3.74	18.489
	20	—	—	0.250	10.250	82.5	8.26	2.815	2.683	28.04	35.8	113.7	21.16	3.71	27.568
	—	—	—	0.279	10.192	81.6	9.18	2.815	2.668	31.20	35.3	125.9	23.42	3.70	30.597
	30	—	—	0.307	10.136	80.7	10.07	2.815	2.654	34.24	35.0	137.5	25.57	3.69	33.490
	40	Std	40S	0.365	10.020	78.9	11.91	2.815	2.623	40.48	34.1	160.8	29.90	3.67	39.381
	60	Xs	80S	0.500	9.750	74.7	16.10	2.815	2.553	54.74	32.3	212.0	39.4	3.63	52.573
	80	—	—	0.593	9.564	71.8	18.92	2.815	2.504	64.33	31.1	244.9	45.6	3.60	61.246
	100	—	—	0.718	9.314	68.1	22.63	2.815	2.438	76.93	29.5	286.2	53.2	3.56	72.384
	120	—	—	0.843	9.064	64.5	26.24	2.815	2.373	89.20	28.0	324	60.3	3.52	82.939
	140	XXS	—	1.000	8.750	60.1	30.6	2.815	2.291	104.13	26.1	368	68.4	3.47	95.396
	160	—	—	1.125	8.500	56.7	34.0	2.815	2.225	115.65	24.6	399	74.3	3.43	104.695
12 12.750	5	—	5S	0.156	12.438	121.4	6.17	3.34	3.26	20.99	52.7	122.2	19.20	4.45	24.744
	10	—	10S	0.180	12.390	120.6	7.11	3.34	3.24	24.20	52.2	140.5	22.03	4.44	28.443
	20	—	—	0.250	12.250	117.9	9.84	3.34	3.21	33.38	51.1	191.9	30.1	4.42	39.068
	30	—	—	0.330	12.090	114.8	12.88	3.34	3.17	43.77	49.7	248.5	39.0	4.39	50.917
	—	Std	40S	0.375	12.000	113.1	14.58	3.34	3.14	49.56	49.0	279.3	43.8	4.38	57.445
	40	—	—	0.406	11.938	111.9	15.74	3.34	3.13	53.53	48.5	300	47.1	4.37	61.886
	—	XS	80S	0.500	11.750	108.4	19.24	3.34	3.08	65.42	47.0	362	56.7	4.33	75.073
	60	—	—	0.562	11.626	106.2	21.52	3.34	3.04	73.16	46.0	401	62.8	4.31	83.543
	80	—	—	0.687	11.376	101.6	26.04	3.34	2.978	88.51	44.0	475	74.5	4.27	100.078
	100	—	—	0.843	11.064	96.1	31.5	3.34	2.897	107.20	41.6	562	88.1	4.22	119.717
	120	XXS	—	1.000	10.750	90.8	36.9	3.34	2.814	125.49	39.3	642	100.7	4.17	138.396
	140	—	—	1.125	10.500	86.6	41.1	3.34	2.749	139.68	37.5	701	109.9	4.13	152.508
	160	—	—	1.312	10.126	80.5	47.1	3.34	2.651	160.27	34.9	781	122.6	4.07	172.399

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚 /in	内径 /in	内截面积 /in²	金属截面积 /in²	外表面面积 /(ft²/ft)	内表面面积 /(ft²/ft)	质量② /(lb/ft)	质量（充水）/(lb/ft)	转动惯量 /in⁴	弹性截面模量 /in³	回转半径 /in	塑性截面模量 /in³
	5	—	5S	0.156	13.688	147.20	6.78	3.67	3.58	23.0	63.7	162.6	23.2	4.90	29.900
	—	—	10S	0.188	13.624	145.80	8.16	3.67	3.57	27.7	63.1	194.6	27.8	4.88	35.867
	10	—	—	0.250	13.500	143.1	10.80	3.67	3.53	36.71	62.1	255.4	36.5	4.86	47.271
	20	—	—	0.312	13.376	140.5	13.42	3.67	3.50	45.68	60.9	314	44.9	4.84	58.467
	30	Std	—	0.375	13.250	137.9	16.05	3.67	3.47	54.57	59.7	373	53.3	4.82	69.633
	40	—	—	0.437	13.126	135.3	18.62	3.67	3.44	63.37	58.7	429	61.2	4.80	80.416
	—	XS	—	0.500	13.000	132.7	21.21	3.67	3.40	72.09	57.5	484	69.1	4.78	91.167
	—	—	—	0.562	12.876	130.2	23.73	3.67	3.37	80.66	56.5	537	76.7	4.76	101.545
14	60	—	—	0.593	12.814	129.0	24.98	3.67	3.35	84.91	55.9	562	80.3	4.74	106.660
14.000	—	—	—	0.625	12.750	127.7	26.26	3.67	3.34	89.28	55.3	589	84.1	4.73	111.889
	—	—	—	0.687	12.626	125.2	28.73	3.67	3.31	97.68	54.3	638	91.2	4.71	121.869
	80	—	—	0.750	12.500	122.7	31.2	3.67	3.27	106.13	53.2	687	98.2	4.69	131.813
	—	—	—	0.875	12.250	117.9	36.1	3.67	3.21	122.66	51.1	781	111.5	4.65	150.956
	100	—	—	0.937	12.126	115.5	38.5	3.67	3.17	130.73	50.0	825	117.8	4.63	160.166
	120	—	—	1.093	11.814	109.6	44.3	3.67	3.09	150.67	47.5	930	132.8	4.58	182.519
	140	—	—	1.250	11.500	103.9	50.1	3.67	3.01	170.22	45.0	1127	146.8	4.53	203.854
	160	—	—	1.406	11.188	98.3	55.6	3.67	2.929	189.12	42.6	1017	159.6	4.48	223.931
	5	—	5S	0.165	15.670	192.90	8.21	4.19	4.10	28.00	83.5	257	32.2	5.60	41.375
	—	—	10S	0.188	15.624	191.7	9.34	4.19	4.09	32.00	83.0	292	36.5	5.59	47.006
	10	—	—	0.250	15.500	188.7	12.37	4.19	4.06	42.05	81.8	384	48.0	5.57	62.021
	20	—	—	0.312	15.376	185.7	15.38	4.19	4.03	52.36	80.5	473	59.2	5.55	76.798
	30	Std	—	0.375	15.250	182.6	18.41	4.19	3.99	62.58	79.1	562	70.3	5.53	91.570
	—	—	—	0.437	15.126	179.7	21.37	4.19	3.96	72.64	77.9	648	80.9	5.50	105.872
	40	XS	—	0.500	15.000	176.7	24.35	4.19	3.93	82.77	76.5	732	91.5	5.48	120.167
	—	—	—	0.562	14.876	173.8	27.26	4.19	3.89	92.66	75.4	813	106.6	5.46	134.002
16	—	—	—	0.625	14.750	170.9	30.2	4.19	3.86	102.63	74.1	894	112.2	5.44	147.826
16.000	60	—	—	0.656	14.688	169.4	31.6	4.19	3.85	107.50	73.4	933	116.6	5.43	154.542
	—	—	—	0.687	14.626	168.0	33.0	4.19	3.83	112.36	72.7	971	121.4	5.42	161.201
	—	—	—	0.750	14.500	165.1	35.9	4.19	3.80	122.15	71.5	1047	130.9	5.40	174.563
	80	—	—	0.843	14.314	160.9	40.1	4.19	3.75	136.46	69.7	1157	144.6	5.37	193.866
	—	—	—	0.875	14.250	159.5	41.6	4.19	3.73	141.35	69.1	1193	154.1	5.36	200.393
	100	—	—	1.031	13.938	152.5	48.5	4.19	3.65	164.83	66.1	1365	170.6	5.30	231.383
	120	—	—	1.218	13.564	144.5	56.6	4.19	3.55	192.29	62.6	1556	194.5	5.24	266.745
	140	—	—	1.437	13.126	135.3	65.7	4.19	3.44	223.64	58.6	1760	220.0	5.17	305.750
	160	—	—	1.593	12.814	129.0	72.1	4.19	3.35	245.11	55.9	1894	236.7	5.12	331.993
	5	—	5S	0.165	17.670	245.20	9.24	4.71	4.63	31.00	106.2	368	40.8	6.31	52.486
	—	—	10S	0.188	17.624	243.90	10.52	4.71	4.61	36.00	105.7	417	46.4	6.30	59.649
	10	—	—	0.250	17.500	240.5	13.94	4.71	4.58	47.39	104.3	549	61.0	6.28	78.771
	20	—	—	0.312	17.376	237.1	17.34	4.71	4.55	59.03	102.8	678	75.5	6.25	97.624
	—	Std	—	0.375	17.250	233.7	20.76	4.71	4.52	70.59	101.2	807	89.6	6.23	116.508
	30	—	—	0.437	17.126	230.4	24.11	4.71	4.48	82.06	99.9	931	103.4	6.21	134.824
	—	XS	—	0.500	17.000	227.0	27.49	4.71	4.45	93.45	98.4	1053	117.0	6.19	153.167
	40	—	—	0.562	16.876	223.7	30.8	4.71	4.42	104.75	97.0	1172	130.2	6.17	170.954
18	—	—	—	0.625	16.750	220.5	34.1	4.71	4.39	115.98	95.5	1289	143.3	6.15	188.763
18.000	—	—	—	0.687	16.626	217.1	37.4	4.71	4.35	127.03	94.1	1403	156.3	6.13	206.029
	60	—	—	0.750	16.500	213.8	40.6	4.71	4.32	138.17	92.7	1515	168.3	6.10	223.313
	—	—	—	0.875	16.250	207.4	47.1	4.71	4.25	160.04	89.9	1731	192.8	6.06	256.831
	80	—	—	0.937	16.126	204.2	50.2	4.71	4.22	170.75	88.5	1834	203.8	6.04	273.078
	100	—	—	1.156	15.688	193.3	61.2	4.71	4.11	207.96	83.7	2180	242.2	5.97	328.496
	120	—	—	1.375	15.250	182.6	71.8	4.71	3.99	244.14	79.2	2499	277.6	5.90	380.904
	140	—	—	1.562	14.876	173.8	80.7	4.71	3.89	274.23	75.3	2750	306	5.84	423.335
	160	—	—	1.781	14.438	163.7	90.7	4.71	3.78	308.51	71.0	3020	336	5.77	470.386

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚/in	内径/in	内截面积/in²	金属截面积/in²	外表面面积/(ft²/ft)	内表面面积/(ft²/ft)	质量②/(lb/ft)	质量(充水)/(lb/ft)	转动惯量/in⁴	弹性截面模量/in³	回转半径/in	塑性截面模量/in³
20 20.000	5	—	5S	0.188	19.634	302.40	11.70	5.24	5.14	40	131.0	574	57.4	7.00	71.869
	—	—	10S	0.218	19.564	300.6	13.55	5.24	5.12	46	130.2	663	66.3	6.99	85.313
	10	—	—	0.250	19.500	298.6	15.51	5.24	5.11	52.73	129.5	757	75.7	6.98	97.521
	—	—	—	0.312	19.376	294.9	19.30	5.24	5.07	65.40	128.1	935	93.5	6.96	120.947
	20	Std	—	0.375	19.250	291.0	23.12	5.24	5.04	78.60	126.0	1114	111.4	6.94	144.445
	—	—	—	0.437	19.126	287.3	26.86	5.24	5.01	91.31	124.6	1286	128.6	6.92	167.273
	30	XS	—	0.500	19.000	283.5	30.6	5.24	4.97	104.13	122.8	1457	145.7	6.90	190.167
	—	—	—	0.562	18.876	279.8	34.3	5.24	4.94	116.67	121.3	1624	162.4	6.88	212.403
	40	—	—	0.593	18.814	278.0	36.2	5.24	4.93	122.91	120.4	1704	170.4	6.86	223.412
	—	—	—	0.625	18.750	276.1	38.0	5.24	4.91	129.33	119.7	1787	178.7	6.85	234.701
	—	—	—	0.687	18.626	272.5	41.7	5.24	4.88	141.71	118.1	1946	194.6	6.83	256.354
	—	—	—	0.750	18.500	268.8	45.4	5.24	4.84	154.20	116.5	2105	210.5	6.81	278.063
	60	—	—	0.812	18.376	265.2	48.9	5.24	4.81	166.40	115.0	2257	225.7	6.79	299.140
	—	—	—	0.875	18.250	261.6	52.6	5.24	4.78	178.73	113.4	2409	240.9	6.77	320.268
	80	—	—	1.031	17.938	252.7	61.4	5.24	4.70	208.87	109.4	2772	277.2	6.72	371.343
	100	—	—	1.281	17.438	238.8	75.3	5.24	4.57	256.10	103.4	3320	332	6.63	449.564
	120	—	—	1.500	17.000	227.0	87.2	5.24	4.45	296.37	98.3	3760	376	6.56	514.500
	140	—	—	1.750	16.500	213.8	100.3	5.24	4.32	341.10	92.6	4220	422	6.48	584.646
	160	—	—	1.968	16.064	202.7	111.5	5.24	4.21	379.01	87.9	4590	459	6.41	642.442
22 22.000	5	—	5S	0.188	21.624	367.3	12.88	5.76	5.66	44	159.1	766	69.7	7.71	89.446
	—	—	10S	0.218	21.564	365.2	14.92	5.76	5.65	51	158.2	885	80.4	7.70	103.435
	10	—	—	0.250	21.500	363.1	17.16	5.76	5.63	58	157.4	1010	91.8	7.69	118.271
	20	Std	—	0.375	21.250	354.7	25.48	5.76	5.56	87	153.7	1490	135.4	7.65	175.383
	30	XS	—	0.500	21.000	346.4	33.77	5.76	5.50	115	150.2	1953	177.5	7.61	231.167
	—	—	—	0.625	20.750	338.2	41.97	5.76	5.43	143	146.6	2400	218.2	7.56	285.638
	—	—	—	0.750	20.500	330.1	50.07	5.76	5.37	170	143.1	2829	257.2	7.52	338.813
	60	—	—	0.875	20.250	322.1	58.07	5.76	5.30	197	139.6	3245	295.0	7.47	390.706
	80	—	—	1.125	19.750	306.4	73.78	5.76	5.17	251	132.8	4029	366.3	7.39	490.711
	100	—	—	1.375	19.250	291.0	89.09	5.76	5.04	303	126.2	4758	432.6	7.31	585.779
	120	—	—	1.625	18.750	276.1	104.02	5.76	4.91	354	119.6	5432	493.8	7.23	676.034
	140	—	—	1.875	18.250	261.6	118.55	5.76	4.78	403	113.3	6054	550.3	7.15	761.602
	160	—	—	2.125	17.750	247.4	132.68	5.76	4.65	451	107.2	6626	602.4	7.07	842.607
24 24.000	5	—	5S	0.218	23.564	436.1	16.29	6.28	6.17	55	188.9	1152	96.0	8.41	123.301
	10	—	10S	0.250	23.500	434	18.65	6.28	6.15	63.41	188.0	1316	109.6	8.40	141.021
	—	—	—	0.312	23.376	430	23.20	6.28	6.12	78.93	186.1	1629	135.8	8.38	175.080
	20	Std	—	0.375	23.250	425	27.83	6.28	6.09	94.62	183.8	1943	161.9	8.35	209.320
	—	—	—	0.437	23.126	420	32.4	6.28	6.05	109.97	182.1	2246	187.4	8.33	242.657
	—	XS	—	0.500	23.000	415	36.9	6.28	6.02	125.49	180.1	2550	212.5	8.31	276.167
	30	—	—	0.562	22.876	411	41.4	6.28	5.99	140.80	178.1	2840	237.0	8.29	308.788
	—	—	—	0.625	22.750	406	45.9	6.28	5.96	156.03	176.2	3140	261.4	8.27	341.576
	40	—	—	0.687	22.626	402	50.3	6.28	5.92	171.17	174.3	3420	285.2	8.25	373.490
	—	—	—	0.750	22.500	398	54.8	6.28	5.89	186.24	172.4	3710	309	8.22	405.563
	60	—	—	0.968	22.064	382	70.0	6.28	5.78	238.11	165.8	4650	388	8.15	513.800
	80	—	—	1.218	21.564	365	87.2	6.28	5.65	296.36	158.3	5670	473	8.07	632.768
	100	—	—	1.531	20.938	344	108.1	6.28	5.48	367.40	149.3	6850	571	7.96	774.131
	120	—	—	1.812	20.376	326	126.3	6.28	5.33	429.39	141.4	7830	652	7.87	894.044
	140	—	—	2.062	19.876	310	142.1	6.28	5.20	483.13	134.5	8630	719	7.79	995.313
	160	—	—	2.343	19.314	293	159.4	6.28	5.06	541.94	127.0	9460	788	7.70	1103.215

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚 /in	内径 /in	内截面积 /in²	金属截面积 /in²	外表面面积 /(ft²/ft)	内表面面积 /(ft²/ft)	质量② /(lb/ft)	质量（充水）/(lb/ft)	转动惯量 /in⁴	弹性截面模量 /in³	回转半径 /in	塑性截面模量 /in³
	—	—	—	0.250	25.500	510.7	19.85	6.81	6.68	67	221.4	1646	126.6	9.10	165.771
	10	—	—	0.312	25.376	505.8	25.18	6.81	6.64	86	219.2	2076	159.7	9.08	205.891
	—	Std	—	0.375	25.250	500.7	30.19	6.81	6.61	103	217.1	2478	190.6	9.06	246.258
	20	XS	—	0.500	25.000	490.9	40.06	6.91	6.54	136	212.8	3259	250.7	9.02	325.167
26	—	—	—	0.625	24.750	481.1	49.82	6.81	6.48	169	208.6	4013	308.7	8.98	402.513
26.000	—	—	—	0.750	24.500	471.4	59.49	6.81	6.41	202	204.4	4744	364.9	8.93	478.313
	—	—	—	0.875	24.250	461.9	69.07	6.81	6.35	235	200.2	5458	419.9	8.89	552.581
	—	—	—	1.00	24.000	452.4	78.54	6.81	6.28	267	196.1	6149	473.0	8.85	625.333
	—	—	—	1.125	23.750	443.0	87.91	6.81	6.22	299	192.1	6813	524.1	8.80	696.586
	—	—	—	0.250	27.500	594.0	21.80	7.33	7.20	74	257.3	2098	149.8	9.81	192.521
	10	—	—	0.312	27.376	588.6	27.14	7.33	7.17	92	255.0	2601	185.8	9.78	239.197
	—	Std	—	0.375	27.250	583.2	32.54	7.33	7.13	111	252.6	3105	221.8	9.77	286.195
	20	XS	—	0.500	27.000	572.6	43.20	7.33	7.07	147	248.0	4085	291.8	9.72	378.167
28	30	—	—	0.625	26.750	562.0	53.75	7.33	7.00	183	243.4	5038	359.8	9.68	468.451
28.000	—	—	—	0.750	26.500	551.6	64.21	7.33	6.94	218	238.9	5964	426.0	9.64	557.063
	—	—	—	0.875	26.250	541.2	74.56	7.36	6.87	253	234.4	6865	490.3	9.60	644.018
	—	—	—	1.000	26.000	530.9	84.82	7.33	6.81	288	230.0	7740	552.8	9.55	729.333
	—	—	—	1.125	25.750	520.8	94.98	7.33	6.74	323	225.6	8590	613.6	9.51	813.023
	—	—	5S	0.250	29.500	683.4	23.37	7.85	7.72	79	296.3	2585	172.3	10.52	221.271
	10	—	10S	0.312	29.376	677.8	29.19	7.85	7.69	99	293.7	3201	213.4	10.50	275.000
	—	Std	—	0.375	29.250	672.0	34.90	7.85	7.66	119	291.2	3823	254.8	10.48	329.133
	20	XS	—	0.500	29.000	660.5	46.34	7.85	7.59	158	286.2	5033	335.5	10.43	435.167
30	30	—	—	0.625	28.750	649.2	57.68	7.85	7.53	196	281.3	6213	414.2	10.39	539.388
30.000	40	—	—	0.750	28.500	637.9	68.92	7.85	7.46	234	276.6	7371	491.4	10.34	641.813
	—	—	—	0.875	28.250	620.7	90.06	7.85	7.39	272	271.8	8494	566.2	10.30	742.456
	—	—	—	1.000	28.000	615.7	91.11	7.85	7.33	310	267.0	9591	639.4	10.26	841.333
	—	—	—	1.125	27.750	604.7	102.05	7.85	7.26	347	262.2	10653	710.2	10.22	938.461
	—	—	—	0.250	31.500	779.2	24.93	8.38	8.25	85	337.8	3141	196.3	11.22	252.021
	10	—	—	0.312	31.376	773.2	31.02	8.38	8.21	106	335.2	3891	243.2	11.20	313.299
	—	Std	—	0.375	31.250	766.9	37.25	8.38	8.18	127	332.5	4656	291.0	11.18	375.070
	20	XS	—	0.500	31.000	754.7	49.48	8.38	8.11	168	327.2	6140	383.8	11.14	496.167
32	30	—	—	0.625	30.750	742.5	61.59	8.38	8.05	209	321.9	7578	473.6	11.09	615.326
32.000	40	—	—	0.688	30.624	736.6	67.68	8.38	8.02	230	319.0	8298	518.6	11.07	674.652
	—	—	—	0.750	30.500	730.5	73.63	8.38	7.98	250	316.7	8990	561.9	11.05	732.563
	—	—	—	0.875	30.250	718.3	85.52	8.38	7.92	291	311.6	10372	648.2	11.01	847.893
	—	—	—	1.000	30.000	706.8	97.38	8.38	7.85	331	306.4	11680	730.0	10.95	961.333
	—	—	—	1.125	29.750	694.7	109.0	8.38	7.79	371	301.3	13023	814.0	10.92	1072.898
	—	—	—	0.250	33.500	881.2	26.50	8.90	8.77	90	382.0	3773	221.9	11.93	284.771
	10	—	—	0.312	33.376	874.9	32.99	8.90	8.74	112	379.3	4680	275.3	11.91	354.093
	—	Std	—	0.375	33.250	867.8	39.61	8.90	8.70	135	376.2	5597	329.2	11.89	424.008
	20	XS	—	0.500	33.000	855.3	52.62	8.90	8.64	179	370.8	7385	434.4	11.85	561.167
34	30	—	—	0.625	32.750	841.9	65.53	8.90	8.57	223	365.0	9124	536.7	11.80	696.263
34.000	40	—	—	0.688	32.624	835.9	72.00	8.90	8.54	245	362.1	9992	587.8	11.78	763.575
	—	—	—	0.750	32.500	829.3	78.34	8.90	8.51	266	359.5	10829	637.0	11.76	829.313
	—	—	—	0.875	32.250	816.4	91.01	8.90	8.44	310	354.1	12501	735.4	11.72	960.331
	—	—	—	1.000	32.000	804.2	103.67	8.90	8.38	353	348.6	14114	830.2	11.67	1089.333
	—	—	—	1.125	31.750	791.3	116.13	8.90	8.31	395	343.2	15719	924.7	11.63	1216.336
	—	—	—	0.250	35.500	989.7	28.11	9.42	9.29	96	429.1	4491	249.5	12.64	319.521
	10	—	—	0.312	35.376	982.9	34.95	9.42	9.26	119	426.1	5565	309.1	12.62	397.384
	—	Std	—	0.375	35.250	975.8	42.01	9.42	9.23	143	423.1	6664	370.2	12.59	475.945
	20	XS	—	0.500	35.000	962.1	55.76	9.42	9.16	190	417.1	8785	488.1	12.55	630.167
36	30	—	—	0.625	34.750	948.3	69.50	9.42	9.10	236	411.1	10872	604.0	12.51	782.201
36.000	40	—	—	0.750	34.500	934.7	83.01	9.42	9.03	282	405.3	12898	716.5	12.46	932.063
	—	—	—	0.875	34.250	920.6	96.50	9.42	8.97	328	399.4	14903	827.9	12.42	1079.768
	—	—	—	1.000	34.000	907.9	109.96	9.42	8.90	374	393.6	16851	936.2	12.38	1225.333
	—	—	—	1.125	33.750	894.2	123.19	9.42	8.89	419	387.9	18763	1042.4	12.34	1368.773

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 外径/in	管表号① a	b	c	壁厚/in	内径/in	内截面积/in²	金属截面积/in²	外表面面积/(ft²/ft)	内表面面积/(ft²/ft)	质量②/(lb/ft)	质量（充水）/(lb/ft)	转动惯量/in⁴	弹性截面模量/in³	回转半径/in	塑性截面模量/in³
	—	—	—	0.250	41.500	1352.6	32.82	10.99	10.86	112	586.4	7126	339.3	14.73	435.771
	—	Std	—	0.375	41.250	1336.3	49.08	10.99	10.80	167	579.3	10627	506.1	14.71	649.758
	20	XS	—	0.500	41.000	1320.2	65.18	10.99	10.73	222	572.3	14037	668.4	14.67	861.167
42	30	—	—	0.625	40.750	1304.1	81.28	10.99	10.67	276	565.4	17373	827.3	14.62	1070.013
42.000	40	—	—	0.750	40.500	1288.2	97.23	10.99	10.60	330	558.4	20689	985.2	14.59	1276.313
	—	—	—	1.000	40.000	1256.6	128.81	10.99	10.47	438	544.9	27080	1289.5	14.50	1681.333
	—	—	—	1.250	39.500	1225.3	160.03	10.99	10.34	544	531.2	33233	1582.5	14.41	2076.554
	—	—	—	1.500	39.000	1194.5	190.85	10.99	10.21	649	517.9	39181	1865.7	14.33	2461.500

① 管表号：对于 $DN \leqslant 10$in 的管子，标准质量管（Std）的壁厚与管表号 40（Sch40）相同，$DN12 \sim 24$in 的标准质量管壁厚都是 3/8in，加厚管（XS）和管表号 80（Sch80）的 $DN \leqslant 8$in 具有相同壁厚，$DN8 \sim 24$in 的加厚管（XS）壁厚都是 1/2in，特厚管（XXS）没有对应的管壁号。

a——ANSI/ASME B36.10 钢管的管表号；

b——ANSI/ASME B36.10 钢管的公称壁厚标志（质量等级）；

c——ANSI/ASME B36.19 不锈钢管的管表号。

② 表中所示数据系按碳钢的质量计，铁素体不锈钢约轻 5%，奥氏体不锈钢约重 2%。

注：1. 表中数据由下式计算求得

管子质量 $=10.6802t(D-t)$ lb/ft

管子充水后质量 $=0.3405d^2$ lb/ft

外表面面积 $=0.2618D$ ft²/ft

内表面面积 $=0.2618d$ ft²/ft

内截面积 $=0.785d^2$ in²

金属截面积 $=0.785(D^2-d^2)$ in²

转动惯量 $=0.0491(D^4-d^4)=A_M R_g^2$ in⁴

弹性截面模量 $=0.0982\dfrac{D^4-d^4}{D}$ in³

塑性截面模量 $=\dfrac{D^3-d^3}{6}$ in³

回转半径 $=0.25\sqrt{D^2+d^2}$ in

式中 A_M—金属截面积，in²；d—内径，in；D—外径，in；R_g—回转半径，in；t—管壁厚，in。

2. 表中英制单位的数据，可按下列关系换算为法定单位数据。

1in=25.4mm，1in²=6.45cm²，1ft²/ft=0.3048m²/m，1lb/ft=1.49kg/in，1in⁴=416.3cm⁴，1in³=16.39 cm³。

1.3 管螺纹

(1) 种类

工程管道常用的管螺纹有以下三种（见图 27-1）。

① ISO 7/1 是国际通用螺纹密封管螺纹，牙型角 55°，锥度 1∶16。内螺纹有 R_p（平行）和 R_c（锥形）两种；外螺纹只有锥形 R，工程中常用为 R_p-R 相配，而 R_c-R 相配使用较不普遍。

② ISO 228 是国际通用的非螺纹密封管螺纹，牙型角 55°。内、外螺纹均为平行。

③ ANSI B1.20.1 是美国螺纹密封管螺纹，牙型角 60°(NPT)，锥度 1∶16。内、外螺纹均为锥形，是高温高压管道中常用的管螺纹。ASME B16.11 螺纹管件采用 NPT 螺纹，NPT 与 ISO 7/1（俗称 BSP），虽然牙型角不同，但 1/2 和 3/4 两档的螺距相同，可以互相连接。

(2) 各国标准（见表 27-5）

(3) 基本尺寸（见表 27-6）

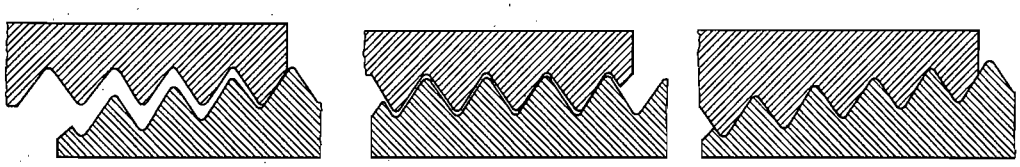


图 27-1 工程管道常用的管螺纹

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-5 ISO 7/1 55°螺纹密封

螺纹种类	各国标准					
	ISO 7/1	中国 GB 7306	德国 DIN 2999	英国 BS 21	法国 NF E03-004	日本 JIS B0203
ISO 7/1 (55°螺纹密封)	R_p-R R_c-R	R_p-R R_c-R	R-R	R_p-R R_c-R R_p-R_L	R_p-R R_c-R	PS-PT PT-PT
ISO 228 (55°非螺纹密封)	228/1	7307	259	2779	E03-005	B0202
	G	G	R-K	G	G	PF
ANSI BI. 20. 1 (60°螺纹密封)	美国 ANSI			中国 GB		
	B1. 20. 1(B2. 1)			12716		
	NPT			NPT		

表 27-6 管螺纹基本尺寸

螺纹尺寸/in	ISO 7/1 系列					NPT 系列				
	每英寸牙数	螺距/mm	基准长度/mm	装配余量/mm	牙型角	每英寸牙数	螺距/mm	手旋合长度/mm	扳动拧紧长度/mm	牙型角
1/8	28	0.907	4.0	2.5	55°	27	0.9408	4.1	2.8	60°
1/4	19	1.337	6.0	3.7		18	1.4112	5.8	4.2	
3/8	19	1.337	6.4	3.7		18	1.4112	6.1	4.2	
1/2	14	1.814	8.2	5.0		14	1.814	8.1	5.4	
3/4	14	1.814	9.5	5.0		14	1.814	8.6	5.4	
1	11	2.309	10.4	6.4		11½	2.2088	10.2	6.6	
1¼	11	2.309	12.7	6.4		11½	2.2088	10.7	6.6	
1½	11	2.309	12.7	6.4		11½	2.2088	10.7	6.6	
2	11	2.309	15.9	7.5		11½	2.2088	11.1	6.6	
2½	11	2.309	17.5	9.2		8	3.175	17.3	6.4	
3	11	2.309	20.6	9.2		8	3.175	19.5	6.4	
4	11	2.309	25.4	10.4		8	3.175	21.4	6.4	
6	11	2.309	28.6	11.5		8	3.175	24.3	6.4	

注：1. ISO 228 系列的牙数、螺距、牙型角与 ISO 7/1 系列相同。

2. 装配总长度：ISO 7/1 系列为基准长度和装配余量之和，NPT 系列为手旋合长度与扳动拧紧长度之和。

1.4 钢管

1.4.1 无缝钢管

(1) 流体输送用无缝钢管（GB 8163—1999）

热轧和冷拔（冷轧）普通碳素钢、优质碳素钢、低合金钢和普通合金结构无缝钢管，可用作输送各种流体的管道。

钢管的外径和壁厚偏差见表 27-7。

通常长度：热轧钢管，3～12m；冷拔（冷轧）钢管，3～10.5m。

定尺长度，倍尺长度：应在通常长度范围内，定尺长度允许偏差规定如下：长度不大于 6000mm，为+10mm；长度大于 6000mm，为+15mm；倍尺全长允许偏差为+20mm。每个倍尺长度，当直径不大于 159mm，应留 5～10mm 的切口余量；当直径大于 159mm，应留10～15mm 的切口余量。

短尺长度：热轧钢管，1.5～3m，冷拔（冷轧）钢管，0.5～1.5m。

钢管的理论质量计算见式（27-1），钢的相对密度计为 7.85。

$$W=\frac{\pi}{1000}\rho(D-s)s \qquad (27\text{-}1)$$

式中 W——钢管理论质量，kg/m；

π=3.1416；

ρ——钢的密度，kg/dm³；

D——钢管公称外径，mm；

s——钢管公称壁厚，mm。

无缝钢管的钢号有 10、20、Q295、Q345。

(2) 石油裂化用无缝钢管（GB 9948—2006）

石油裂化用钢管适用于炉管、换热器管和管道用管。

炉管和换热器管的尺寸规格见表 27-8。管道用管按所规定的一般规格确定，质量与 GB 8163 同。

钢管按定尺长度供应，长度范围为 6～12m。钢管的外径与壁厚偏差按表 27-7 规定。钢管用下列钢号制造：10、20、12CrMo、15CrMo、1Cr5Mo、1Cr2Mo、1Cr18Ni9、1Cr19Ni11Nb。

(3) 化肥用高压无缝钢管（GB 6479—2000）

化肥用高压无缝钢管的尺寸和质量可见 GB 17395—1998，钢管适用于公称压力 10～32MPa，工作温度－40～＋400℃，输送介质为合成氨原料气（氢、氮气）、氨、甲醇、尿素等的管道。管子的尺寸公差、长度按 GB 8163—1999 规定。钢管外径和壁厚的允许偏差见表 27-9。

(4) 中、低压锅炉用无缝钢管（GB 3087—1999）

中、低压锅炉用无缝钢管适用于低碳钢制造的各种结构低、中压锅炉用的过热蒸汽管、沸水管等。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

钢管的尺寸和质量可见 GB/T 17395—1998，常用材料有 10、20 号钢。

(5) 高压锅炉用无缝钢管（GB 5310—1995）

适用于制造高压及其以上压力的管道用的优质碳素结构钢，合金结构钢和不锈耐热钢无缝钢管。热轧（挤、扩）钢管外径为 22～530mm，壁厚从 2.0～70mm，冷拔（轧）钢管外径为 10～114mm，壁厚从 2.0～13mm，钢管长度同 GB 8163，钢号和化学成分见表 27-10；力学性能见表 27-11。

(6) 不锈钢无缝钢管（GB/T 14976—2002）

不锈钢热轧、热挤压和冷拔（冷轧）无缝钢管，适用于化工、石油工业中具有强腐蚀性介质的管道。钢管的尺寸应符合表 27-12、表 27-13 的规定，钢管质量同无缝钢管 GB 8163。

表 27-7 外径和壁厚的允许偏差 /mm

钢管种类	钢管尺寸		允许偏差	
			普通级	高级
热轧(挤压、扩)管	外径 D	全部	±1%(最小±0.50)	
	壁厚 s	全部	+15% −12.5%（最小 +0.45 −0.40）	—
冷拔(轧)管	外径 D	6～10	±0.20	±0.15
		>10～30	±0.40	±0.20
		>30～50	±0.45	±0.30
		>50	±1%	±0.8%
	壁厚 s	≤1	±0.15	±0.12
		>1～3	+15% −10%	+12% −10%
		>3	+12.5% −10%	±10%

注：对外径不小于 351mm 的热扩管壁厚允许偏差为±18%。

表 27-8 炉管和换热管规格尺寸

外径/mm	壁厚/mm												
	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
18	×												
19	×	×											
25		×											
38			×										
60				×	×	×	×	×					
89						×	×	×	×				
102						×	×	×	×				
114						×	×	×	×	×			
127						×	×	×	×	×			
152						×	×	×	×	×	×		
219							×	×	×	×	×	×	
273											×	×	×

注：“×”表示已有的生产规格。

表 27-9 外径和壁厚的允许偏差（GB 6479—2000）

钢管种类	钢管尺寸/mm		允许偏差	
			普通级	高级
热轧(挤压)钢管	外径 D	≤159	±1.0%（最小值为±0.5mm）	±0.75%（最小值为±0.3mm）
		>159	±1.0%	±0.90%
	壁厚 S	≤20	+15% −10%	±10%
		>20	+12.5% −10.0%	±10%
冷拔(轧)钢管	外径 D	14～30	±0.20mm	±0.15mm
		>30～50	±0.30mm	±0.25mm
		>50	±0.75%	±0.6%
	壁厚 S	≤3.0	+12.5% −10%	±10%
		>3.6	±10%	±7.5%

注：1. 热扩钢管的外径允许偏差为±1.0%，壁厚允许偏差为±15%。

2. 当需方未在合同中注明钢管尺寸允许偏差级别时，钢管外径和壁厚的允许偏差应符合普通级的规定。根据需方要求经供需双方协商，并在合同中注明，可生产本表规定以外尺寸允许偏差的钢管。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-10 钢的牌号和化学成分

序号	钢类	牌号	化学成分/%														
			C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ti	B	W	Ni	Al	Nb	N	S	P
																不大于	
1	优质碳素结构钢	20G	0.17～0.24	0.35～0.65	0.17～0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
2		20MnG	0.17～0.24	0.70～1.00	0.17～0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
3		25MnG	0.22～0.30	0.70～1.00	0.17～0.37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
4	合金结构钢	15MoG	0.12～0.20	0.40～0.80	0.17～0.37	—	0.25～0.35	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
5		20MoG	0.15～0.25	0.40～0.80	0.17～0.37	—	0.44～0.65	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
6		12CrMoG	0.08～0.15	0.40～0.70	0.17～0.37	0.40～0.70	0.40～0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
7		15CrMoG	0.12～0.18	0.40～0.70	0.17～0.37	0.80～1.10	0.40～0.55	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	钢类	牌号	化学成分/%													S	P
			C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Ti	B	W	Ni	Al	Nb	N	不大于	
8	合金结构钢	12Cr2MoG	0.08～0.15	0.40～0.70	≤0.50	2.00～2.50	0.90～1.20	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
9		12Cr1MoVG	0.08～0.15	0.40～0.70	0.17～0.37	0.90～1.20	0.25～0.35	0.15～0.30	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030
10		12Cr2MoWVTiB	0.08～0.15	0.45～0.65	0.45～0.75	1.60～2.10	0.50～0.65	0.28～0.42	0.08～0.18	0.002～0.008	0.30～0.55	—	—	—	—	0.030	0.030
11		12Cr3MoVSiTiB	0.09～0.15	0.50～0.80	0.60～0.90	2.50～3.00	1.00～1.20	0.25～0.35	0.22～0.38	0.005～0.011	—	—	—	—	—	0.030	0.030
12		10Cr9Mo1VNb	0.08～0.12	0.30～0.60	0.20～0.50	8.00～9.50	0.85～1.05	0.18～0.25	—	—	—	≤0.40	≤0.040	0.06～0.10	0.030～0.070	0.010	0.020
13	不锈耐热钢	1Cr18Ni9	≤0.15	≤2.00	≤1.00	17.00～19.00	—	—	—	—	—	8.00～10.00	—	—	—	0.030	0.035
14		1Cr19Ni11Nb	0.04～0.10	≤2.00	≤1.00	17.00～20.00	—	—	—	—	—	9.00～13.00	—	Nb+Ta ≥8×c% ～1.00%	—	0.030	0.030

注：1. 20G、20MnG 25MnG 的残余元素含量要求：Cu≤0.20%、Cr≤0.25%、Ni≤0.25%、V≤0.08%、Mo≤0.15%。其余钢号 Cu≤0.20%、Cr≤0.30%、Ni≤0.30%。

2. 20G 钢中酸溶铝不大于 0.010%，暂不作交货依据，但应填入质量证明书中。

3. 用氧气转炉加炉外精炼制造的钢，氮含量不大于 0.008%。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-11　钢管的力学性能

序号	钢　类	牌　　号	纵向力学性能				横向力学性能			
			抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	冲击功 A_{kv} /J	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服点 σ_s /MPa	伸长率 δ_5 /%	冲击功 A_{kv} /J
				不小于				不小于		
1	优质碳素结构钢	20G	410～550	245	24	35	400	215	22	27
2		20MnG	≥415	240	22	35	—	—	—	27
3		25MnG	≥485	275	20	35	—	—	—	27
4	合金结构钢	15MoG	450～600	270	22	35	—	—	20	27
5		20MoG	≥415	220	22	35	—	—	—	27
6		12CrMoG	410～560	205	21	35	—	—	—	27
7		15CrMoG	440～640	235	21	35	440	225	20	27
8		12Cr2MoG①	450～600	280	20	35	—	—	18	27
9		12Cr1MoVG	470～640	255	21	35	440	255	19	27
10		12Cr2MoWVTiB	540～735	345	18	35	—	—	—	27
11		12Cr3MoVSiTiB	610～805	440	16	35	—	—	—	27
12		10Cr9Mo1VNb	≥585	415	20	35	—	—	—	27
13	不锈耐热钢	1Cr18Ni9	≥520	205	35	—	—	—	—	—
14		1Cr19Ni11Nb	≥520	205	35	—	—	—	—	—

① 用 12Cr2MoG 钢制造的钢管，当壁厚不大于 3mm，且外径不大于 30mm 或当壁厚大于 16～40mm 时，屈服点允许降低 10MPa；当壁厚大于 40mm 时，屈服点允许降低 20MPa。

表 27-12　热轧钢管尺寸　/mm

外径	壁厚														
	4.5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
68	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
70	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
73	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
76	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
80	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
83	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
89	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎						
95	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
102	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
108	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
114		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
121		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
127		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
133		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎				

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

外径	壁厚														
	4.5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
140			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
146			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
152			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
159			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
168				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
180					◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
194					◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
219					◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
245							◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
237									◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
325									◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
351									◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
377									◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
426									◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

注：◎表示已有生产的热轧管规格。

表 27-13 冷拔（轨）钢管尺寸 /mm

外径	壁厚																																
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	15
6	●	●	●	●	●	●	●	●	●																								
7	●	●	●	●	●	●	●	●	●																								
8	●	●	●	●	●	●	●	●	●																								
9	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																						
10	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																						
11	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																						
12	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																				
13	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																				
14	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																		
15	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																		
16	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
17	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
18	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																
19	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																
20	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																
21	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●															
22	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●															
23	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●															

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

外径	壁厚																																
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	15
24	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●														
25	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●													
27	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●													
28	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●												
30	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
32	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
34	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
35	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
36	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
38	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
40	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●											
42	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●										
45	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
48	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
50	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
51	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
53	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
54	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
56	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
57	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
60	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
63							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
65							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
68							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
70								●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
73											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
75											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
76											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
80											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
83											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
85											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
89											●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
90													●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
95													●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
100													●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
102															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

外径	壁厚																																
	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.6	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	15
108															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
114															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
127															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
133															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
140															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
146															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
159															●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
168																																	
180																																	
194																																	
219																																	
245																																	
273																																	
325																																	
351																																	
377																																	
426																																	

注：●表示已有生产的冷拔（轧）钢管规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.4.2 焊接钢管

(1) 低压流体输送用焊接钢管（GB/T 3091—2001）

本标准代替 GB/T 3091—1993《低压流体输送用镀锌焊接钢管》、GB/T 3092—1993《低压流体输送用焊接钢管》和 GB/T 14980—1994《低压流体输送用大直径电焊钢管》。本标准适用于水、污水、燃气、空气、采暖蒸汽等低压流体输送用和其他结构用的直缝焊接钢管。

① 外径和壁厚 公称外径不大于 168.3mm 的钢管，其公称口径、公称外径、公称壁厚及理论质量应符合表 27-15 的规定。公称外径大于 168.3mm 的钢管，其公称口径、公称外径、公称壁厚及理论质量应符合表 27-14 的规定。

表 27-14 钢管的公称外径、公称壁厚和理论质量

公称外径/mm	公称壁厚/mm														
	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.5	14.0	15.0	16.0
	理论质量/(kg/m)														
177.8	17.14	19.23	21.31	23.37	25.42										
193.7	18.71	21.00	23.27	25.53	27.77										
219.1	21.22	23.82	26.40	28.97	31.53	34.08	36.61	41.65	46.63	51.57					
244.5	23.72	26.63	29.53	32.42	35.29	38.15	41.00	46.66	52.27	57.83					
273.0			33.05	36.28	39.51	42.72	45.92	52.28	58.60	64.86					
323.9			39.32	43.19	47.04	50.88	54.71	62.32	69.89	77.41	84.88	95.99			
355.6				47.49	51.73	55.96	60.18	68.58	76.93	85.23	93.48	105.77			
406.4				54.38	59.25	64.10	68.95	78.60	88.20	97.76	107.26	121.43			
457.2				61.27	66.76	72.25	77.72	88.62	99.48	110.29	121.04	137.09			
508				68.16	74.28	80.39	86.49	98.65	110.75	122.31	134.82	152.75			
559				75.08	81.83	88.57	95.29	108.71	122.07	135.39	148.66	168.47	188.17	201.24	214.26
610				81.99	89.37	96.74	104.10	118.77	133.39	147.97	162.49	184.19	205.78	220.10	234.38

公称外径/mm	公称壁厚/mm															
	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	13.0	14.0	15.0	16.0	18.0	19.0	20.0	22.0	25.0
	理论质量/(kg/m)															
660	96.77	104.76	112.73	128.63	144.49	160.30	176.06	207.43	223.04	238.60	254.11	284.99	300.35	315.67	346.15	391.50
711	104.32	112.93	121.53	138.70	155.81	172.88	189.89	223.78	240.65	257.47	274.24	307.63	324.25	340.82	373.82	422.94
762	111.86	121.11	130.34	148.76	167.13	185.45	203.73	240.13	258.26	276.33	294.36	330.27	348.15	365.98	401.49	454.39
813	119.41	129.28	139.14	158.82	178.45	198.03	217.56	256.48	275.86	295.20	314.48	352.91	372.04	391.13	429.16	485.83
864	126.96	137.46	147.94	168.88	189.77	210.61	231.40	272.83	293.47	314.06	334.61	375.55	395.94	416.29	456.83	517.27
914	134.36	145.47	156.58	178.55	200.87	222.94	244.96	288.86	310.73	332.56	354.34	397.74	419.37	440.95	483.96	548.10
1016	149.45	161.82	174.18	198.87	223.51	248.09	272.63	321.56	345.95	370.29	394.58	443.02	467.16	491.26	539.30	610.99
1067	157.00	170.00	182.99	208.93	234.83	260.67	286.47	337.91	363.56	389.16	414.71	465.66	491.06	516.41	566.97	642.43
1118	164.54	178.17	191.79	218.99	246.15	273.25	300.30	354.26	381.17	408.02	434.83	488.30	514.96	541.57	594.64	673.88
1168	171.94	186.19	200.42	228.86	257.24	285.58	313.87	370.29	398.43	426.52	454.56	510.49	538.39	566.23	621.77	704.70
1219	179.49	194.36	209.23	238.92	268.56	298.16	327.70	386.64	416.04	445.39	474.68	533.13	562.28	591.38	649.44	736.15
1321	194.58	210.71	226.84	259.04	291.20	323.31	355.37	419.34	451.26	483.12	514.93	578.41	610.08	641.69	704.78	799.03
1422	209.52	226.90	244.27	278.97	313.62	348.22	382.77	451.72	486.13	520.48	554.79	623.25	657.40	691.51	759.57	861.30
1524	224.62	243.25	261.88	299.09	336.26	373.38	410.44	484.43	521.34	558.21	595.03	668.52	705.20	741.82	814.91	924.19
1626	239.71	259.61	279.49	319.22	358.90	398.53	438.11	517.13	556.56	595.95	635.28	713.80	752.99	792.13	870.26	987.08

注：根据需方要求，经供需双方协议，并在合同中注明，可供表中规定以外尺寸的钢管。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-15 钢管的公称口径、公称外径、公称壁厚和理论质量

公称口径/mm	公称外径/mm	普通钢管		加厚钢管	
		公称壁厚/mm	理论质量/(kg/m)	公称壁厚/mm	理论质量/(kg/m)
6	10.2	2.0	0.40	2.5	0.47
8	13.5	2.5	0.68	2.8	0.74
10	17.2	2.5	0.91	2.8	0.99
15	21.3	2.8	1.28	3.5	1.54
20	26.9	2.8	1.66	3.5	2.02
25	33.7	3.2	2.41	4.0	2.93
32	42.4	3.5	3.36	4.0	3.79
40	48.3	3.5	3.87	4.5	4.86
50	60.3	3.8	5.29	4.5	6.19
65	76.1	4.0	7.11	4.5	7.95
80	88.9	4.0	8.38	5.0	10.35
100	114.3	4.0	10.88	5.0	13.48
125	139.7	4.0	13.39	5.5	18.20
150	168.3	4.5	18.18	6.0	24.02

注：1. 表中的公称口径系近似内径的名义尺寸，不表示公称外径减去两个公称壁厚所得的内径。

2. 根据需方要求，经供需双方协议，并在合同中注明，可供表中规定以外尺寸的钢管。

表 27-16 钢管的力学性能

牌号	抗拉强度 σ_b/MPa 不小于	屈服点 σ_s/MPa 不小于	断后伸长率 δ_s/% 不小于	
			$D\leqslant 168.3$	$D>168.3$
Q215A、Q215B	335	215	15	20
Q235A、Q235B	375	235		
Q295A、Q295B	390	295	13	18
Q345A、Q345B	510	345		

注：1. 公称外径不大于 114.3mm 的钢管，不测定屈服强度。

2. 公称外径大于 114.3mm 的钢管，测定屈服强度做参考，不作交货条件。

② 力学性能 应符合表 27-16 的规定。

(2) 双面埋弧自动焊大直径焊接钢管（摘自 GB/T 9711.1—1997）

① 制造工艺 直缝埋弧自动焊的内外焊缝应各不少于一道，大直径时，允许采用双直缝，两条焊缝的位置相距约 180°。对每条焊缝，内外焊缝均不得少于一道。钢管单根长度不小于 6m。除另有协议，一般不包括环形焊缝，除非另有规定，制造厂可对钢管采用冷扩径工艺。

② 化学成分（见表 27-17）。

③ 力学性能 应符合表 27-18 的规定。热处理按合同规定，可为轧态（焊态），正火＋回火，消除应力状态。

无损检验 埋弧焊焊缝应全长 100%进行射线检验符合 GB 9711.1 有关要求；或者在管两端最小长度 203mm 内进行射线检验，其余采用超声波探伤检验（N5 或 ϕ1.6 当量孔）。

表 27-17 化学成分 /%

钢号	C	Mn	P	S
L245	≤0.26	≤1.15	≤0.030	≤0.030

注：1. GB 9711.1 标准系参照美国 API 5L 而制定，主要用于输油及输气长输管线，共有 11 种钢号，但化工管道中习惯上仅采用其中 L245 一种钢号（相当于 API 5LGrade B）。

2. 钢管制造厂应对每批熔炼的材料，取两个试样进行分析。

3. 经双方协议，可添加 Nb，V，Ti 中的一种，或其组合。

焊缝（内、外）的咬边、错边及余高应符合 GB 9711.1 附录 G 的要求。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-18　力学性能

钢号	σ_b/MPa	$\sigma_{t0.5}$/MPa	δ_5/%	焊缝冷弯 180°
L245	≥415	≥245	21	完好

注：1. 对冷扩径钢管屈强比不得大于 0.93。

2. 焊缝导向弯曲的弯模尺寸 A 按 GB 9711.1 表 E1 的规定。

④ 水压试验　每根钢管均应进行水压试验，试验压力按 GB 9711.1 表 9B 的规定。且不得以无损检验代替水压试验。

⑤ 尺寸公差（见表 27-19）

⑥ 规格尺寸（见表 27-20）

(3) 螺旋电焊钢管（SY5037）

又称螺旋焊缝钢管，适用作蒸汽、水、空气、油及油气管道。目前国内可生产的范围为 ϕ219～2220mm，质量与钢板卷管相同。宝鸡、锦西、沙市钢管厂均有生产。管长 6～12m，钢管的公称外径、公称壁厚和每米理论质量见表 27-21。

常用材料：Q235B，SS400，SM400B，St52-3，16Mn。

(4) 配管用奥氏体不锈钢焊接钢管（HG 20537.3、HG 20537.4）

化工装置用奥氏体不锈钢焊接钢管适用于管道压力等级不大于 5.0MPa 的化工、医药、石化、轻工、纺织等工程配管和管件，也可用于压力容器壳体、接管、盘管等。钢管采用热轧或冷轧带钢、钢板，采用连续工艺成型，并采用表 27-22 的焊接工艺进行焊接，如采用电阻焊必须清除内毛刺。HG 20537.3—1992 适用于不加焊丝，HG 20537.4—1992 适用于大口径或壁厚较大的加焊丝焊管，用于内压计算时的焊缝系数见表 27-22。配管常用规格见表 27-23～表 27-26。常用钢号有 0Cr18Ni9（304）、1Cr18Ni9Ti、00Cr19Ni10（304L）、0Cr18Ni10Ti(321)、0Cr17Ni12Mo2(316) 和 00Cr17Ni14Mo2（316L）等。

表 27-19　尺寸公差

外径/mm		外径偏差	椭圆度	管端外径偏差	壁厚偏差	质量公差
457		±0.75%	±1%	+2.38mm −0.79mm	+15% −12.5%	+10% −3.5%
508～914	不扩径	±1.00%			+17.5% −10.0%	
	冷扩径	+0.75% −0.25%				
>914	不扩径	±1.00%				
	冷扩径	+6.35mm −3.20mm				

注：1. 理论质量按下式计算（相对密度按 7.85 计）

$$M=0.0246615\ (D-T)T \qquad (27\text{-}2)$$

式中　M——质量，kg/m；

D——外径，mm；

T——壁厚，mm。

2. 管端　一般应以管端带坡口（30°）和钝边（1.6mm）状态交货。

3. 符合本标准的焊接钢管即相当于 API 5L GrB 大直径埋弧焊（直缝）钢管。

HG 20537.3—1992 奥氏体不锈钢焊管应焊后固溶处理并酸洗钝化处理交货。HG 20537.4—1992 焊管一般焊后不作热处理。HG 20537.3—1992 奥氏体不锈钢焊管水压试验压力见表 27-27。HG 20537.4—1992 奥氏体不锈钢焊管水压试验压力见表 27-28。

表 27-20　焊接钢管规格

NPS	规格		NPS	规格	
	外径/mm	壁厚/mm		外径/mm	壁厚/mm
18	457	4.8～31.8	42	1067	8.7～31.8
20	508	5.6～34.9	44	1118	8.7～31.8
22	559	5.6～38.1	46	1168	8.7～31.8
24	610	6.4～39.7	48	1219	8.7～31.8
26	660	6.4～25.4	52	1321	9.5～31.8
28	711	6.4～25.4	56	1422	9.5～31.8
30	762	6.4～31.8	60	1524	9.5～31.8
32	813	6.4～31.8	64	1626	9.5～31.8
34	864	6.4～31.8	68	1727	11.9～31.8
36	914	6.4～31.8	72	1829	12.7～31.8
38	965	7.9～31.8	76	1930	12.7～31.8
40	1016	7.9～31.8	80	2032	14.3～31.8

注：钢管的壁厚等级为：4.8、5.6、6.4、7.1、7.9、8.7、9.5、10.3、11.1、11.9、12.7、14.3、15.9、17.5、19.1、20.6、22.2、23.8、25.4、27.0、28.6、30.2、31.8（英寸制）。

钢管壁厚等级也可为：5、5.6、6.3、7.1、8、8.8、10、11、12.5、14.2、16、17.5、20、22.2、25、28、30、32（SI 制）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-21 钢管的公称外径、公称壁厚和每米理论质量

公称外径 D/mm	公称壁厚 t/mm										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	每米理论质量/(kg/m)										
323.9	47.54	55.21	62.82	70.39							
355.6	52.23	60.68	69.08	77.43							
(377)	55.40	64.37	73.30	82.18							
406.4	59.75	69.45	79.10	88.70	98.26						
(426)	62.65	72.83	82.97	93.05	103.09						
457	67.23	78.18	89.08	99.94	110.74	121.49	132.19	142.85			
508	74.78	86.99	99.15	111.25	123.31	135.32	147.29	159.20			
(529)	77.89	90.61	103.29	115.92	128.49	141.02	153.50	165.93			
559	82.33	95.79	109.21	122.57	135.89	149.16	162.38	175.55			
610	89.87	104.60	119.27	133.89	148.47	162.99	177.47	191.90			
(630)	92.83	108.05	123.22	138.33	153.40	168.42	183.39	198.31			
660	97.27	113.23	129.13	144.99	160.80	176.56	192.27	207.93			
711	104.82	122.03	139.20	156.31	173.38	190.39	207.36	224.28			
(720)	106.15	123.59	140.97	158.31	175.60	192.84	210.02	227.16			
762		130.84	149.26	167.63	185.95	204.23	222.45	240.63	258.76		
813		139.64	159.32	178.95	198.53	218.06	237.55	256.98	276.36		
(820)		140.85	160.70	180.50	200.26	219.96	239.62	259.22	278.78	298.29	317.75
914			179.25	201.37	223.44	245.46	267.44	289.36	311.23	333.06	354.84
(920)			180.43	202.70	224.92	247.09	269.21	291.28	313.31	335.28	357.20
1016			199.37	224.01	248.59	273.13	297.62	322.06	346.45	370.79	395.08
(1020)			200.16	224.89	249.58	274.22	298.81	323.34	347.83	372.27	396.66
1220					298.90	328.47	357.99	387.46	416.88	446.26	475.58
1420					348.23	382.73	417.18	451.58	485.94	520.24	554.50
1620					397.55	436.98	476.37	515.70	554.99	594.23	633.41
1820					446.87	491.24	535.56	579.82	624.04	668.21	712.33
2020					496.20	545.49	594.74	643.94	693.09	742.19	791.25
2220					545.52	599.75	653.93	708.06	762.15	816.18	870.16

注：1. 表中未加括号的钢管公称外径采纳了 ISO 336 标准中的系列 1 直径，并按 API 5LS 增补了 559、660 两个直径，加括号者为不包括在 ISO 336 标准中的保留直径。

2. 根据需方的要求，经供需双方协议，可供应：

a. 介于本表所列最大与最小尺寸（包括公称外径和公称壁厚）之间的其他尺寸钢管；

b. 不在本表所列最大与最小尺寸之间的其他尺寸钢管。

3. $D>1420$mm 的钢管的订货须经供需双方协议确定。

表 27-22 钢管纵向焊缝的焊接工艺

名 称	标 准	焊接工艺	探 伤	焊缝系数 ϕ	级别
化工装置用焊接钢管	按 HG 20537.3	不加丝自动电弧焊或电阻焊	100%涡流探伤	0.85	
化工装置用大口径焊接钢管	按 HG 20537.4	加丝的双面电弧焊或相当于双面焊的全焊透单面自动电弧焊	100%射线探伤	1.00	Ⅰ
			局部射线探伤(20%)	0.85	Ⅱ
			不拍片	0.70	Ⅲ
		加丝的单面自动电弧焊	局部射线探伤(每 15m,150mm)	0.70	Ⅳ
			不拍片	0.60	Ⅴ

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-23　国际通用系列奥氏体不锈钢焊接钢管规格和质量（HG 20537.3—1992）

公称直径 DN	焊管外径 /mm	壁厚系列号									
		5S		10S		20		40S		80S	
		壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)
10	17.2	1.2	0.478	1.6	0.622			2.3	0.854	3.2	1.12
15	21.3	1.6	0.785	2.0	0.962			2.9	1.33	3.6	1.59
20	26.9	1.6	1.01	2.0	1.24			2.9	1.73	4.0	2.28
25	33.7	1.6	1.28	2.9	2.22			3.2	2.43	4.5	3.27
32	42.4	1.6	1.63	2.9	2.85			3.6	3.48	5.0	4.66
40	48.3	1.6	1.86	2.9	3.28			3.6	4.01	5.0	5.39
50	60.3	1.6	2.34	2.9	4.15	3.2	4.55	4	5.61	5.6	7.63
65	76.1	2	3.69	3.2	5.81	4.5	8.03	5	8.86	7.1	12.20
	(73.0)	2	3.54	3.2	5.56	4.5	7.68	5	8.47	7.1	11.66
80	88.9	2	4.33	3.2	6.83	4.5	9.46	5.6	11.62	8.0	16.20
100	114.3	2	5.59	3.2	8.86	5	13.61	6.3	16.95	8.8	23.13
125	139.7	2.9	9.88	3.6	12.20	5	16.78	6.3	20.93	10.0	32.31
	(141.3)	2.9	10.00	3.6	12.35	5	16.98	6.3	21.19	10.0	32.71
150	168.3	2.9	11.95	3.6	14.77	5.6	22.70	7.1	28.51	11.0	43.10
200	219.1	2.9	15.62	4	21.43	6.3	33.40	8	42.07	12.5	64.33
250	273	3.4	24.18	4	26.80	6.3	41.85	8.8	57.91	12.5	81.11
300	323.9	4.0	31.87	4.5	35.89	6.3	49.84	10	78.19	12.5	96.96

注：括号内为符合美国 ANSI B36.19 的钢管外径。

表 27-24　中国沿用系列奥氏体不锈钢焊接钢管规格和质量（HG 20537.3—1992）

公称直径 DN	焊管外径 /mm	壁厚系列号									
		5S		10S		20		40S		80S	
		壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)	壁厚 /mm	质量 /(kg/m)
10	14	1.2	0.383	1.6	0.494			2.3	0.670	3.2	0.86
15	18	1.6	0.654	2.0	0.797			2.9	1.09	3.6	1.29
20	25	1.6	0.933	2.0	1.15			2.9	1.60	4.0	2.09
25	32	1.6	1.21	2.9	2.10			3.2	2.30	4.5	3.08
32	38	1.6	1.45	2.9	2.54			3.6	3.08	5.0	4.11
40	45	1.6	1.73	2.9	3.04			3.6	3.71	5.0	4.98
50	57	1.6	2.21	2.9	3.91	3.2	4.29	4	5.28	5.6	7.17
65	76	2	3.69	3.2	5.80	4.5	8.01	5	8.84	7.1	12.19
80	89	2	4.33	3.2	6.84	4.5	9.47	5.6	11.63	8.0	16.14
100	108	2	5.28	3.2	3.35	5	12.83	6.3	15.96	8.8	21.75
125	133	2.9	9.40	3.6	11.60	5	15.94	6.3	19.88	10.0	30.64
150	159	2.9	11.28	3.6	13.94	5.6	21.40	7.1	26.87	11.0	40.55
200	219	2.9	15.61	4	21.42	6.3	33.38	8	42.05	12.5	64.30
250	273	3.6	24.16	4	26.80	6.3	41.85	8.8	57.91	12.5	81.11
300	325	4.0	31.98	4.5	35.93	6.3	50.01	10	78.47	12.5	97.30

注：表中部分壁厚较大的焊管，如采用添加填充金属的连续自动电弧焊工艺时，应符合 HG 20537.4—1992 中关于焊接材料、焊接工艺评定、分级和焊缝无损检查的要求。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-25 国际通用系列奥氏体不锈钢大口径焊管规格和质量（HG 20537.4—1992）

公称直径 DN	外径 /mm	壁厚系列号 5S 壁厚 /mm	5S 质量 /(kg/m)	10S 壁厚 /mm	10S 质量 /(kg/m)	20 壁厚 /mm	20 质量 /(kg/m)	40S 壁厚 /mm	40S 质量 /(kg/m)
350	355.6	4	35.03	5	43.67	8	69.27	12	102.71
400	406.4	4	40.10	5	49.99	8	79.39	12	117.89
450	457	4	45.14	5	56.30	8	89.48	14	154.49
500	508	5	62.65	6	75.03	10	124.05	16	196.09
600	610	6	90.27	6	90.27	10	149.46	18	265.44
700	711	6	105.37	7	140.29	12	208.95	20	344.26
800	813	7	160.62	8	160.42	12	239.43	22	433.48
900	914	8	180.55	9	202.89	14	313.87	25	553.62
1000	1016	9	225.76	10	250.59	14	349.44	28	689.11

表 27-26 中国沿用系列奥氏体不锈钢大口径焊管规格和质量（HG 20537.4—1992）

公称直径 DN	外径 /mm	壁厚系列号 5S 壁厚 /mm	5S 质量 /(kg/m)	10S 壁厚 /mm	10S 质量 /(kg/m)	20 壁厚 /mm	20 质量 /(kg/m)	40S 壁厚 /mm	40S 质量 /(kg/m)
350	377	4	37.17	5	46.33	8	75.53	12	109.11
400	426	4	42.05	5	52.44	8	83.30	12	123.75
450	480	4	47.43	5	59.16	8	94.06	14	162.51
500	530	5	65.39	6	78.32	10	129.53	16	204.86
600	630	6	93.26	6	93.26	10	154.44	18	274.41
700	720	6	106.71	7	142.09	12	211.64	20	348.74
800	820	7	162.01	8	161.82	12	241.53	22	437.32
900	920	8	181.74	9	204.24	14	315.96	25	557.36
1000	1020	9	226.66	10	251.59	14	350.83	28	691.90

表 27-27 HG 20537.3—1992

壁厚系列	5S	10S	20	40S
水压试验压力/MPa	1.5	2.4	3.5	6.0

表 27-28 HG 20537.4—1992

壁厚系列	5S	10S	20	40S
水压试验压力/MPa	1.5	2.0	2.5	2.4

1.5 许用应力和焊缝系数（见表 27-29、表 27-30）

表 27-29 常用钢管许用应力（GB 50316—2000）

钢号	标准号	使用状态	厚度 /mm	常温强度指标 σ_b /MPa	常温强度指标 σ_s /MPa	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	使用温度下限 /℃	注
碳素钢钢管(焊接管)																							
Q235-A, Q235-B	GB/T 14980, GB/T 13793		≤12	375	235	113	113	113	105	94	86	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	①
20	GB/T 13793		≤12.7	390	(235)	130	130	125	116	104	95	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−20	⑤①
碳素钢钢管(无缝管)																							
10	GB 9948	热轧、正火	≤16	330	205	110	110	106	101	92	83	77	71	69	61	—	—	—	—	—	—	−29 正火状态	③
10	GB 6479, GB/T 8163	热轧、正火	≤15	335	205	112	112	108	101	92	83	77	71	69	61	—	—	—	—	—	—		
			16～40	335	195	112	110	104	98	89	79	74	68	66	61	—	—	—	—	—	—		
10	GB 3087	热轧、正火	≤26	333	196	111	110	104	98	89	79	74	68	66	61	—	—	—	—	—	—		
碳素钢钢管(无缝管)																							
20	GB/T 8163	热轧、正火	≤15	390	245	130	130	130	123	110	101	92	86	83	61	—	—	—	—	—	—	−20	③⑤
			16～40	390	235	130	130	125	116	104	95	86	79	78	61	—	—	—	—	—	—		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

钢号	标准号	使用状态	厚度/mm	常温强度指标		在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																使用温度下限/℃	注
				σ_b/MPa	σ_s/MPa	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600		
碳素钢钢管(无缝管)																							
20	GB 3087	热轧、正火	≤15	392	245	131	130	130	123	110	101	92	86	83	61	—	—	—	—	—	—	−20	③⑤
			16～26	392	226	131	130	124	113	101	93	84	77	75	61	—	—	—	—	—	—		
20	GB 9948	热轧、正火	≤16	410	245	137	137	132	123	110	101	92	86	83	61	—	—	—	—	—	—		
20G	GB 6479 GB 5310	正火	≤16	410	245	137	137	132	123	110	101	92	86	83	61	—	—	—	—	—	—		
			17～40	410	235	137	132	126	116	104	95	86	79	78	61	—	—	—	—	—	—		
低合金钢钢管(无缝管)																							
16Mn	GB 6479 GB/T 8163	正火	≤15	490	320	163	163	163	159	147	135	126	119	93	66	43	—	—	—	—	—	−40	
			16～40	490	310	163	163	163	153	141	129	119	116	93	66	43	—	—	—	—	—		
15MnV	GB 6479	正火	≤16	510	350	170	170	170	170	166	153	141	129	—	—	—	—	—	—	—	—	−20	⑤
			17～40	510	340	170	170	170	170	159	147	135	126	—	—	—	—	—	—	—	—		
09MnD	—	正火	≤16	400	240	133	133	128	119	106	97	88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−50	④
12CrMo 12CrMoG	GB 6479 GB 5310	正火加回火	≤16	410	205	128	113	108	101	95	89	83	77	75	74	72	71	50	—	—	—	−20	⑤
			17～40	410	195	122	110	104	98	92	86	79	74	72	71	69	68	50	—	—	—		
12CrMo	GB 9948	正火加回火	≤16	410	205	128	113	108	101	95	89	83	77	75	74	72	71	50	—	—	—	−20	⑤
15CrMo	GB 9948	正火加回火	≤16	440	235	147	132	123	116	110	101	95	89	87	86	84	83	58	37	—	—		
15CrMo 15CrMoG	GB 6479 GB 5310	正火加回火	≤16	440	235	147	132	123	116	110	101	95	89	87	86	84	83	58	37	—	—		
			17～40	440	225	141	126	116	110	104	95	89	86	84	83	81	79	58	37	—	—		
12Cr1MoVG	GB 5310	正火加回火	≤16	470	255	147	144	135	126	119	110	104	98	96	95	92	89	82	57	35	—		
12Cr2Mo 12Cr2MoG	GB 6479 GB 5310	正火加回火	≤16	450	280	150	150	150	147	144	141	138	134	131	128	119	89	61	46	37	—		
			17～40	450	270	150	150	147	141	138	134	131	128	126	123	119	89	61	46	37	—		
1Cr5Mo	GB 6479 GB 9948	退火	≤16	390	195	122	110	104	101	98	95	92	89	87	86	83	62	46	35	26	18		
	GB 6479		17～40	390	185	116	104	98	95	92	89	86	83	81	79	78	62	46	35	26	18		
10MoWVNb	GB 6479	正火加回火	≤16	470	295	157	157	157	156	153	147	141	135	130	126	121	97	—	—	—	—		
			17～40	470	285	157	157	156	150	147	141	135	129	121	119	111	97	—	—	—	—		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

钢号	标准号	使用状态	厚度/mm	在下列温度(℃)下的许用应力/MPa																				使用温度下限/℃	注
				≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700		
高合金钢钢管																									
0Cr13	GB/T 14976	退火	≤18	137	126	123	120	119	117	112	109	105	100	89	72	53	38	26	16	—	—	—	—	−20	⑤
0Cr19Ni9	GB/T 12771	固溶	≤14	137	137	137	130	122	114	111	107	105	103	101	100	98	91	79	64	52	42	32	27	−196	②①
0Cr18Ni9	GB/T 14976		≤18	137	114	103	96	90	85	82	79	78	76	75	74	73	71	67	62	52	42	32	27		
0Cr18Ni11Ti	GB/T 12771	固溶或稳定化	≤14	137	137	137	130	122	114	111	108	106	105	104	103	101	83	58	44	33	25	18	13		②①
0Cr18Ni10Ti	GB/T 14976		≤18	137	114	103	96	90	85	82	80	79	78	77	76	75	74	58	44	33	25	18	13		
0Cr17Ni12Mo2	GB/T 12771	固溶	≤14	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30		②①
	GB/T 14976		≤18	137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	78	76	73	65	50	38	30		
0Cr18Ni12Mo2Ti	GB/T 14976	固溶	≤18	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	—	—	—	—	—	—	—	—		②
				137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	—	—	—	—	—	—	—	—		
0Cr19Ni13Mo3	GB/T 14976	固溶	≤18	137	137	137	134	125	118	113	111	110	109	108	107	106	105	96	81	65	50	38	30		②
				137	117	107	99	93	87	84	82	81	81	80	79	78	78	76	73	65	50	38	30		
00Cr19Ni11	GB/T 12771	固溶	≤14	118	118	118	110	103	98	94	91	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		②①
00Cr19Ni10	GB/T 14976		≤18	118	97	87	81	76	73	69	67	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
00Cr17Ni14Mo2	GB/T 12771	固溶	≤14	118	118	117	108	100	95	90	86	85	84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		②①
	GB/T 14976		≤18	118	97	87	80	74	70	67	64	63	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
00Cr19Ni13Mo3	GB/T 14976	固溶	≤18	118	118	118	118	118	118	113	111	110	109	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		②
				118	117	107	99	93	87	84	82	81	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

① GB 12771、GB 13793、GB 14980 焊接钢管的许用应力，未计入焊接接头系数，见 GB 50316—2000 第 3.2.3 条规定。

② 该行许用应力，仅适用于允许产生微量永久变形之元件。

③ 使用温度上限不宜超过粗线的界限。粗线以上的数值仅用于特殊条件或短期使用。

④ 钢管的技术要求应符合《钢制压力容器》GB 150 附录 A 的规定。

⑤ 使用温度下限为−20℃的材料，根据本规范第 4.3.1 条的规定，宜在大于−20℃的条件下使用，不需做低温韧性试验。

注：中间温度的许用应力，可按本表的数值用内插法求得。

表 27-30 焊缝系数（GB 50316—2000）

焊接方法及检测要求		单面对接焊	双面对接焊
电熔焊	100%无损检测	0.90	1.00
	局部无损检测	0.80	0.85
	不作无损检测	0.60	0.70
电阻焊		0.65(不作无损检测)；0.85(100%涡流检测)	
加热炉焊		0.60	
螺旋缝自动焊		0.80～0.85(无损检测)	
GB 9711.1 焊管		0.95(100%XT 或两端 XT+100%超探)	

注：无损检测指采用射线或超声波检测。

1.6 使用限制（见表 27-31）

表 27-31 Sch5S、10S 对焊管件的压力使用限制（摘自 MSS SP43）

温度/℃	压力/bar	
	Sch10S	Sch5S
38	18.9	15.5
50	18.3	15.2
100	16.3	13.6
125	15.4	12.9
150	14.4	12.0
175	13.5	11.4
200	12.6	10.5
225	11.6	—
250	10.7	—
275	9.9	—
300	9.3	—
325	8.7	—
350	8.1	—
375	7.5	—
400	6.8	—

注：具有交叉焊缝的三通，使用压力应不大于表列压力的 70%。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.7 铝和铝合金管

1.7.1 挤压无缝圆管

(1) 规格尺寸（见 GB/T 4436—1995）

(2) 力学性能（见 GB/T 4437.1—2000）

(3) 许用应力（见 JB/T 4734—2002）

1.7.2 拉（轧）无缝圆管

(1) 规格尺寸（见 GB/T 4436—1995）

(2) 力学性能（见 GB/T 6893—2000）

(3) 许用应力（见 JB/T 4734—2002）

1.7.3 焊接圆管

(1) 规格尺寸（见表 27-32）

(2) 力学性能（详见 GB/T 10571—1989）

(3) 许用应力（详见 JB/T 4734—2002）

1.7.4 化学成分（见表 27-33、表 27-34）

表 27-32 焊接圆管规格（GB 10571—1989） /mm

外径	壁厚									外径	壁厚								
	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0		0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0
9.5	○	○	○	○	—	—	—	—	—	33	—	—	—	○	○	○	○	○	—
12.7	○	○	○	○	—	—	—	—	—	36	—	—	—	○	○	○	○	○	—
15.9	○	○	○	○	—	—	—	—	—	40	—	—	—	○	○	○	○	○	—
16	○	○	○	○	—	—	—	—	—	50.8	—	—	—	○	○	○	○	○	○
19.1	○	○	○	○	—	—	—	—	—	65	—	—	—	○	○	○	○	○	○
20	○	○	○	○	—	—	—	—	—	75	—	—	—	○	○	○	○	○	○
22	○	○	○	○	○	○	—	—	—	76.2	—	—	—	○	○	○	○	○	○
22.2	○	○	○	○	○	○	—	—	—	80	—	—	—	○	○	○	○	○	○
25	—	○	○	○	○	○	○	—	—	85	—	—	—	○	○	○	○	○	○
25.4	—	○	○	○	○	○	○	—	—	96	—	—	—	○	○	○	○	○	○
28	—	—	○	○	○	○	○	—	—	100	—	—	—	—	○	○	○	○	○
30	—	—	—	○	○	○	○	—	—	105	—	—	—	—	○	○	○	○	○
31.8	—	—	—	○	○	○	○	—	—	120	—	—	—	—	○	○	○	○	○
32	—	—	—	○	○	○	○	○	—										

注：1. “○”为供货规格。

2. 如需其他规格可由供需双方另行协商，并在合同中注明。

表 27-33 铝和铝合金化学成分（GB/T 3190—1996）

牌号	化学成分/%													
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn		Ti	Zr	其他		Al
												单个	合计	
1060	0.25	0.35	0.05	0.03	0.03	—	—	0.05	V:0.05	0.03	—	0.03	—	99.60
1050	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	—	—	0.05	V:0.05	0.03	—	0.03	—	99.50
1050A	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	—	—	0.07	—	0.05	—	0.03	—	99.50
1200	Si+Fe:1.00		0.05	0.05	—	—	—	0.10	—	0.05	—	0.05	0.15	99.00
3003	0.6	0.7	0.05～0.20	1.0～1.5	—	—	—	0.10	—	—	—	0.05	0.15	余量

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

牌号	化学成分/%													
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn		Ti	Zr	其他	Al	
												单个	合计	
5A02	0.40	0.40	0.10	或 Cr 0.15～0.40	2.0～2.8	—	—	—	Si+Fe:0.6	0.15	—	0.05	0.15	余量
5A03	0.50～0.8	0.50	0.10	0.30～0.6	3.2～3.8	—	—	0.20	—	0.15	—	0.05	0.10	余量
5A05	0.50	0.50	0.10	0.30～0.6	4.8～5.5	—	—	0.20	—	—	—	0.05	0.10	余量
5052	0.25	0.40	0.10	0.10	2.2～2.8	0.15～0.35	—	0.10	—	—	—	0.05	0.15	余量
5754	0.40	0.40	0.10	0.50	2.6～3.6	0.30	—	0.20	Mn+Cr:0.10～0.6	0.15	—	0.05	0.15	余量
5083	0.40	0.40	0.10	0.40～1.0	4.0～4.9	0.05～0.25	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量
5086	0.40	0.50	0.10	0.20～0.7	3.5～4.5	0.05～0.25	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量
6A02	0.50～1.2	0.50	0.20～0.6	或 Cr 0.15～0.35	0.45～0.9	—	—	0.20	—	0.15	—	0.05	0.10	余量
6061	0.40～0.8	0.7	0.15～0.40	0.15	0.8～1.2	0.04～0.35	—	0.25	—	0.15	—	0.05	0.15	余量
6063	0.20～0.6	0.35	0.10	0.10	0.45～0.9	0.10	—	0.10	—	0.10	—	0.05	0.15	余量

表 27-34 铝和铝合金新旧牌号对照

新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号	新牌号	旧牌号
1060	代 L2	5A02	原 LF2	5083	原 LF4
1050		5A03	原 LF3	5086	
1050A	代 L3	5A05	原 LF5	6A02	原 LD2
1200	代 L5	5052		6061	原 LD30
3003		5454		6063	原 LD31

注：1. “原”是指化学成分与新牌号等同，且都符合 GB 3190—1982 规定的旧牌号。

2. “代”是指与新牌号的化学成分相近似，且符合 GB 3190—1982 规定的旧牌号。

1.8 钛和钛合金管

(1) 规格尺寸（见表 27-35）

(2) 力学性能（见 GB/T 3624—1995）

(3) 许用应力（见 JB/T 4745—2002）

(4) 化学成分（见表 27-37）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-35 钛和钛合金管规格尺寸（GB/T 3624—1995）

牌号	供应状态	制造方法	外径/mm	壁厚/mm													
				0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
TA0 TA1 TA2 TA9 TA10	退火状态（M）	冷轧（冷拔）	3～5	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			>5～10	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
			>10～15	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
			>15～20	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—
			>20～30	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—
			>30～40	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—
			>40～50	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—
			>50～60	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	—
			>60～80	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○
			>80～110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○
		焊接	16	—	—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—
			19	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
			25、27	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
			31、32、33	—	—	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
			38	—	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	—	—
			50	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—
			63	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—
		焊接轧制	6～10	—	—	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—
			>10～15	—	—	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—
			>15～20	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—
			>20～30	—	—	○	○	○	○	○	○	○	—	—	—	—	—

注：1. “○”表示可以生产的规格。

2. 产品的不定尺长度见表 27-36。

表 27-36 管材的不定尺长度 /mm

无缝管		焊接管			焊接-轧制管	
外径		壁厚			壁厚	
≤15	>15	0.5～1.25	>1.25～2.0	>2.0～2.5	0.5～0.8	>0.8～2.0
500～4000	500～9000	500～15000	500～6000	500～4000	500～8000	500～5000

注：管材的定尺或倍尺长度应在其不定尺长度范围内。定尺长度的允许偏差为＋10mm，倍尺长度还应计入管材切断时的切口量，每个切口量为 5mm。

(5) 工艺性能（GB/T 3624—1995）

① 压扁试验 当需方要求并在合同中注明时，可进行压扁试验。试样压扁后应完好．其压板间距 H 值按式（27-3）计算

$$H=\frac{(1+e)t}{e+\frac{t}{D}} \qquad (27\text{-}3)$$

式中 H ——压板间距，mm；

t ——管材名义壁厚，mm；

D ——管材名义外径，mm；

e ——常数，其值对 TA0、TA1 取 0.07；TA2、TA9 取 0.06；对 TA10 当外径不大于 25mm 时取 0.04；当外径大于 25mm 时，取 0.06。

焊接管的压扁方向和焊缝位置如图 27-2 所示。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-37 钛和钛合金牌号和化学成分（GB/T 3620.1—2007）

合金牌号	化学成分	化学成分/%																					
		主要成分															杂质，不大于						
		Ti	Al	Sn	Mo	V	Cr	Fe	Mn	Zr	Pd	Ni	Cu	Nb	Si	B	Fe	C	N	H	O	其他元素 单一	其他元素 总和
TA0	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.15	0.10	0.03	0.015	0.15	0.1	0.4
TA1	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.25	0.10	0.03	0.015	0.20	0.1	0.4
TA2	工业纯钛	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.30	0.10	0.05	0.015	0.25	0.1	0.4
TA9	Ti-0.2Pd	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	0.12～0.25	—	—	—	—	—	0.25	0.10	0.03	0.015	0.20	0.1	0.4
TA10	Ti-0.3Mo-0.8Ni	余量	—	—	0.2～0.4	—	—	—	—	—	—	0.6～0.9	—	—	—	—	0.30	0.08	0.03	0.015	0.25	0.1	0.4

注：钛及钛合金管材的化学成分应符合 GB/T 3620.1 的规定。需方复验时，化学成分允许偏差应符合 GB/T 3620.2 的规定。

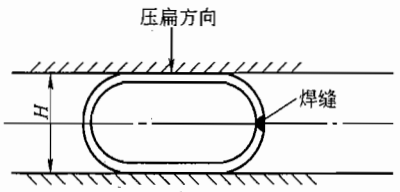


图 27-2

② 水（气）压试验 需方要求并在合同中注明时，管材可进行水压或气压试验。选择的试验方式和水压试验压力应在合同中注明。合同中未注明时，供方可不进行试验，但必须保证其符合式（27-4）中最低水压或气压试验要求。

水压试验的压力 p 值按式（27-4）计算；或由供需双方协商，选用 5MPa 或 1.5 倍工作压力或其他压力。

$$p=\frac{SEt}{\frac{D}{2}-0.4t} \tag{27-4}$$

式中 p——试验压力，MPa；

t——管材名义壁厚，mm；

S——允许应力，对 TA0、TA1、TA2、TA9 其值取该牌号最小规定残余伸长应力的 50%，对 TA10 其值取最小抗拉强度的 40%，MPa；

D——管材的名义外径，mm；

E——常数，焊接管和焊接-轧制管取 $E=0.85$，无缝管取 $E=1.0$。

试验时，压力保持时间为 5s，管材不应发生畸变或泄漏。对外径不大于 76mm 的管材，其水压试验的最大压力应不大于 17.2MPa；对外径大于 76mm 的管材，其水压试验的最大压力应不大于 19.3MPa。

管材内部气压试验的压力为 0.7MPa，试验时压力保持时间为 5s，管材应不泄漏。

1.9 铜和铜合金管

1.9.1 铜和铜合金拉制管（GB/T 1527—2006）

(1) 规格尺寸（见表 27-38）

表 27-38 管材的牌号、状态、规格

牌号	状态	规格/mm 外径	规格/mm 壁厚
T2、T3、TU1、TU2、TP1、TP2	硬(Y)	3～360	0.5～10
	半硬(Y_2)	3～100	0.5～10
	软(M)	3～360	0.5～10
H96	硬(Y)	3～200	0.15～10
	软(M)	3～200	0.15～10
H68	硬(Y)	3.2～30	0.15～0.90
	半硬(Y_2)	3～60	0.15～10
	软(M)	3～60	0.15～10
H62	硬(Y)	3.2～30	0.15～0.90
	半硬(Y_2)	3～200	0.15～10
	软(M)	3～200	0.15～10
HSn70-1、HSn62-1	半硬(Y_2)	3～60	0.5～10
	软(M)	3～60	0.5～10
BZn15-20	硬(Y)	4～40	0.5～4.0
	半硬(Y_2)	4～40	0.5～4.0
	软(M)	4～40	0.5～4.0

注：黄铜薄壁管须在合同中注明，否则按一般黄铜管供应。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 化学成分

管材的化学成分应符合 GB 5231、GB 5232 和 GB 5234 标准中相应牌号的规定。

(3) 尺寸和允许偏差

管材的尺寸及其允许偏差应符合 GB/T 16866《一般用途的加工铜及铜合金无缝圆形管材外形尺寸及允许偏差》。

(4) 工艺性能

① 管材的液压试验　用于压力下工作的 T2、T3、TP1 和 TP2 管材应进行液压试验，试验压力按下式计算，试验持续时间为 10～15s。但是，除特殊指定压力外，管材不必在大于 6.86MPa 的压力下进行试验。

$$p=\frac{2St}{D-0.8t} \tag{27-5}$$

式中　p——试验水压力，MPa；

t——管材壁厚，mm；

D——管材外径，mm；

S——材料的允许应力，纯铜的允许应力为 41.2MPa。

HSn 62-1 和 HSn 70-1 管材的液压试验压力为 4.9MPa，试验持续时间为 10～15s。

BZn 15-20 管材的液压试验，需方无特殊要求时最大压力不得大于 6.86MPa，试验持续时间为 10s。

管材经液压试验后，应无渗漏和永久变形。供方可不进行此项试验，但必须保证。

② 管材的扩口试验　壁厚不大于 2.5mm 的 BZn 15-20 软管在经受扩口试验时，应不产生裂纹。扩口率为 20%。顶心锥度规定如下。

管材内径为 5～15mm 者，顶心锥度为 30°

管材内径大于 15mm 者，顶心锥度为 60°

根据需方要求并在合同中注明，方进行此项试验。

③ 管材的压扁试验　T2、T3 管材于退火后作压扁试验，压扁后内壁距离等于壁厚。半硬管和硬态管的退火温度为 550～650℃，时间为 1～2h，供方可不进行此项试验，但必须保证。

TP1、TP2 的软管或硬态管在氢气中退火后作压扁试验，压扁后内壁距离等于壁厚，退火温度为 750～800℃，时间为 40min。供方可不进行此项试验，但必须保证。

壁厚不大于 2.5mm 的 HSn 62-1 和 HSn 70-1 管材进行压扁试验时，软管压扁后内壁距离等于壁厚，半硬管压扁后内壁距离等于 3 倍壁厚。

经压扁后的管材不应有肉眼可见的裂纹或裂口。

1.9.2　铜和铜合金挤制管（GB/T 1528—1997）

(1) 规格（见表 27-39）

(2) 化学成分

管材的化学成分应符合 GB 5231、GB 5232 和 GB 5233 标准中相应牌号的规定。

(3) 尺寸及尺寸允许偏差

管材的尺寸及其允许偏差应符合 GB/T 16866 的规定。

表 27-39　管材的牌号、状态、规格

牌　号	状态	规　格/mm	
		外径	壁厚
T2、T3、TP2、TU1、TU2	挤制(R)	30～300	5～30
H96、H62、HPb 59-1、HFe 59-1-1		21～280	1.5～42.5
QA 19-2、QA 19-4、QA 110-3-1.5、QA 110-4-4		20～250	3～50

1.10　铅和铅合金管（GB 1472—1988）

铅管和铅合金管（GB 1472—1988）　适用于化学、染料、制药及其他工业部门作耐酸材料的管道，如输送 15%～65%的硫酸、干的或湿的二氧化硫、60%的氢氟酸、小于 80%的醋酸。铅管的最高使用温度为 200℃，温度高于 140℃时不宜在压力下使用。硝酸、次氯酸盐及高锰酸盐类等介质，不可采用铅管。铅和铅合金管规格见表 27-40、表 27-41。

铅和铅合金管的长度：内径等于或小于 110mm 的铅管，长度不小于 2.5m。内径大于 110mm 的铅管，长度不小于 1.5m。铅合金管长度不小于 0.5m。管材以卷状供应时，长度由双方协议。

常用材料纯铅，Pb1、Pb2、Pb3；铅锑合金（硬铅），PbSb4、PbSb6、PbSb8。

表 27-40　纯铅管（GB 1472）

管材内径/mm	管壁厚度/mm										管内径偏差/mm ≤
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
	理论质量/(kg/m)(相对密度 11.34)										
5	0.5	0.9	1.3	1.8	2.3	3.0	3.7	4.7	5.3	7.3	±0.75
6	0.6	1.0	1.4	1.9	2.6	3.2	4.1	4.8	5.7	7.7	
8	0.7	1.2	1.7	2.3	3.0	3.7	4.5	5.4	6.4	8.5	
10	0.8	1.4	2.0	2.7	3.4	4.2	5.1	6.3	7.1	9.4	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管材内径/mm	管壁厚度/mm										管内径偏差/mm ≤
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	
	理论质量/(kg/m)(相对密度 11.34)										
13	1.1	1.7	2.4	3.2	4.1	5.0	6.0	7.0	8.2	10.7	±1.5
16	1.3	2.0	2.8	3.7	4.7	5.7	6.8	8.0	9.3	12.0	
20	1.6	2.5	3.4	4.4	5.5	6.7	8.0	9.3	10.7	13.7	
25		3.0	4.1	5.4	6.6	8.0	9.4	10.9	12.5	15.8	±2.25
30		3.5	4.9	6.2	7.7	9.2	10.8	12.5	14.2	17.9	
35		4.1	5.6	7.1	8.8	10.5	12.3	14.1	16.0	20.1	±3.0
(38)		4.4	6.0	7.6	9.4	11.2	13.1	15.1	17.1	21.4	
40		4.6	6.3	8.0	9.8	11.7	13.7	15.7	17.8	22.2	
45		5.1	7.0	8.9	10.9	13.0	15.1	17.3	19.6	21.3	±4.0
50		5.7	7.7	9.8	12.0	14.2	16.5	18.9	21.4	26.5	
55			8.4	10.7	13.1	15.5	18.0	20.5	23.1	28.6	
60			9.1	11.6	14.1	16.7	19.4	22.1	24.9	30.8	±5.0
65			9.8	12.4	15.2	18.8	20.8	24.6	26.9	32.9	
70			10.5	13.3	16.2	19.1	22.2	25.3	28.5	35.0	
75			11.3	14.2	17.3	20.4	23.6	27.1	30.3	37.2	
80			12.0	15.1	18.3	21.7	26.0	28.5	32.0	39.3	±5.0
90			13.4	16.9	20.5	24.2	27.9	31.8	35.6	43.6	
100			14.8	18.7	22.6	26.7	30.8	35.0	39.2	47.9	
110				20.5	24.8	29.2	33.6	38.2	42.7	52.1	
125					28.0	32.9	37.9	42.9	48.1	58.6	±7.5
150					33.3	39.1	45.0	50.9	57.1	69.3	
180							53.6	60.5	67.7	82.2	±10.0
200							59.3	67.0	74.8	90.7	
230							67.8	76.5	85.5	103.5	±12.5

注：表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-41 铅锑合金管 (GB 1472)

管材内径/mm	管壁厚度/mm										管内径偏差/mm ≤
	3	4	5	6	(7)	8	9	10	12	14	
10	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±0.75
15	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±1.5
17	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
20	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
25	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±2.25
30	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
35	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±3.0
40	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
45	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±4.0
50	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
55		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
60	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	±5.0
65	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
70	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
75		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
80		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
90		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
100		×	×	×	×	×	×	×	×	×	
110				×	×	×	×	×	×	×	
125					×	×	×	×	×	×	±7.5
150					×	×	×	×	×	×	
180						×	×	×	×	×	±10.0
200						×	×	×	×	×	

注：1. 符号“×”表示有此规格产品。

2. 铅锑合金管的质量可用纯铅管质量乘以换算系数而得，换算系数见表 27-42。

3. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-42

牌　号	相对密度	换算系数
PbSb4	11.15	0.9850
PbSb	11.06	0.9753
PbSb8	10.97	0.9674

1.11 金属管常用规格、材料及适用温度（见表 27-43）

2 标准管件

2.1 可锻铸铁管件（GB/T 3287—2000）

GB/T 3287—2000 标准同时代替了 GB/T 3287—1982《可锻铸铁管路连接件技术条件》、GB/T 3288—1982《可锻铸铁管路连接件验收规则》及 GB/T 3289.1～3289.39—1982《可锻铸铁管路连接件型式尺寸》。

本标准增加了产品分类和标记，见表 27-44，该表概括了所有管件型式，每种型式均有英文代号（如弯头为 A、三通为 B、……），并用符号（代号）来区别每种型式的不同类型，如符号 A1 表示等径弯头，A4 表示异径弯头，其规格尺寸和安装长度可按该管件的符号从本标准附录 A 中查得。

2.2 对焊管件（GB 12459—2005、GB/T 13401—2005、SH 3408—1996、SH 3409—1996、ASME B16.9、B16.28）

2.2.1 弯头

(1) 长半径弯头（1.5*D*）

尺寸系列见表 27-45、图 27-3。

(2) 短半径弯头（1.0*D*）

尺寸系列见表 27-46，图 27-3。

表 27-43　金属管常用规格、材料及适用温度

名　称	标准号	常用规格/mm	常用材料	适用温度/℃
流体输送用无缝钢管	GB 8163—1999	按 GB 17395—1998	20、10、09MnD	−20～450 −40～450 −46～200
中、低压锅炉用无缝钢管	GB 3087—1999	按 GB 17395—1998	20、10	−20～450
高压锅炉管	GB 5310—1995	按 GB 17395—1998	20G 20MnG 10MoWVNb 15CrMoG 12Cr2MoG 1Cr5Mo 12CrMoG	−20～450 −46～450 −20～400(抗氢) −20～560 −20～580 −20～600 −20～540
高压无缝钢管	GB 6479—2000			
石油裂化管	GB 9948—2006			
不锈钢无缝钢管	GB 14976—2002	按 GB 14976—1994	0Cr18Ni9 00Cr19Ni10 00Cr17Ni14Mo2 0Cr18Ni12Mo2Ti 0Cr18Ni10Ti	−196～700
不锈钢焊接钢管(EFW)	HG 20537—1992	按 HG 20537		
低压流体输送用焊接钢管(ERW)	GB 3091—2001（镀锌） GB 3092—2001	1/2″,3/4″,1″,1½″,1½″,2″,2½″,3″,4″,5″,6″ 按标准规定外径及壁厚	Q215A Q215AF, Q235AF,Q235A	0～200
螺旋电焊钢管	SY 5036—1983	8″～24″	Q235AF,Q235A SS400,St52-3	0～300
低压流体输送用大直径电焊钢管(ERW)	GB 14980—1994	按 GB 17395—1998 (ERW)6″～20″	Q215A Q235A	0～300
石油天然气工业输送钢管(大直径埋弧焊直缝焊管)	GB 9711.1—1999	按 GB 9711.1—1998 中的大直径直缝埋弧焊钢管 18″～80″(EFW)	L245	−20～450

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	标准号	常用规格/mm	常用材料	适用温度/℃
铜　管	GB/T 1527—2006 GB/T 1528—1997	5×1,7×1,10×1,15×1,18×1.5, 24×1.5,28×1.5 35×1.5,45×1.5,55×1.5,75×2, 85×2.104×2,129×2,156×3	T2，T3，T4，TU1， TU2(紫铜)TP1、TP2	≤250 (受压时,≤200)
黄铜管	GB 1529—1997 GB 1530—1997	5×1,7×1,10×1,15×1,15×1.5, 18×1.5,24×2,28×1.5,28×2, 35×1.5,45×1.5,45×2,55×2, 75×2.5,80×2,96×3,100×3	H 62,H68 (黄铜) HPb 50-1	≤250 (受压时,≤200)
铅和铅合金管	GB 1472—1988	20×2,22×2,31×3,50×5,62×6,94×7, 118×9	Pb3,PbSb4 PbSb6	≤200 (受压时,≤140)
	GB 6893—2000 挤压管	ϕ25×6～ϕ155×40 ϕ120×5～ϕ200×7.5	1050A、1060、1200、 3003、5052、5A03、 5083、5086、5454、 6A02、6061、6063	−269～200
	GB/T 4437.1—2000 拉制管	ϕ6×0.5～ϕ120×3		
	GB 10571—89	ϕ9.5×0.5～ϕ120×3		
钛和钛合金管	GB 3624—95 无缝(冷拔、轧)焊接 焊接-轧制	ϕ3×0.2～ϕ110×4.5 ϕ16×0.5～ϕ63×2.5 ϕ6×0.5～ϕ30×2.0	TA0、TA1、TA2、 TA9、TA10	−269～300

表 27-44　可锻铸铁管件（GB/T 3287—2000）

型式	外形图和符号(代号)			
A 弯头	A1(90)	A1/45°(120)	A4(92)	A4/45°(121)
B 三通	B1(130)			
C 四通	C1(180)			
D 短月弯	D1(2a)		D4(1a)	

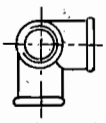
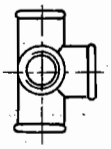
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型式	外形图和符号(代号)				
E 单弯三通及双弯弯头	E1(131)			E2(132)	
G 长月弯	G1(2)	G1/45°(41)	G4(1)	G4/45°(40)	G8(3)
M 外接头	M2(270) M2R－L(271)	M2(240)		M4(529a)	M4(246)
N 内外螺丝内接头	N4(241)			N8(280) N8R－L(281)	N8(245)
P 锁紧螺母	P4(310)				
T 管帽管堵	T1(300)	T8(291)	T9(290)	T11(596)	
U 活接头	U1(330)	U2(331)	U11(340)	U12(341)	
UA 活接弯头	UA1(95)	UA2(97)	UA11(96)	UA12(98)	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型式	外形图和符号(代号)	
Za 侧孔 弯头 侧孔 三通	Za1(221) 	Za2(223) 

注：管件规格详见 GB/T 3287—2000 附录 A。

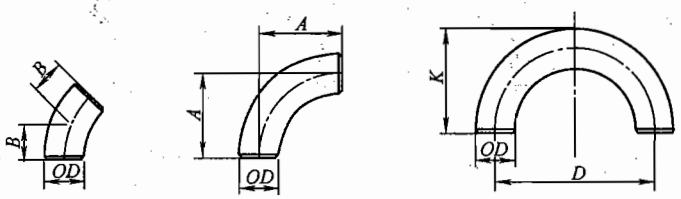


图 27-3

表 27-45 长半径弯头尺寸系列 /mm

公称直径		尺寸				不同壁厚下的理论质量(90°弯头)					
DN	NPS	*A*	*B*	*D*	*K*	5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
15	1/2	38	16	76	48	0.05	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10
20	3/4	38	16	76	51	0.06	0.08	0.11	0.08	0.10	0.10
25	1	38	16	76	56	0.08	0.13	0.15	0.15	0.19	0.19
32	1¼	48	20	95	70	0.13	0.21	0.25	0.25	0.33	0.33
40	1½	57	24	114	83	0.17	0.28	0.36	0.36	0.49	0.49
50	2	76	32	152	106	0.29	0.47	0.65	0.65	0.90	0.90
65	2½	95	40	191	132	0.57	0.83	1.36	1.29	1.71	1.71
80	3	114	47	229	159	0.80	1.17	2.03	2.03	2.74	2.74
90	3½	133	55	267	184	1.08	1.57	2.74	2.74	3.82	3.82
100	4	152	63	305	210	1.39	2.03	3.85	3.85	5.34	5.34
125	5	190	79	381	262	2.82	3.45	6.51	6.51	9.27	9.27
150	6	229	95	457	313	3.85	4.69	10.1	10.1	15.3	15.3
200	8	305	126	610	414	7.15	9.65	20.4	20.4	30.9	30.9
250	10	381	158	762	518	13.7	16.7	36.1	36.1	48.8	57.3
300	12	457	189	914	619	226	260	531	578	70.0	94.7
350	14	533	221	1067	711	29.0	34.7	68.1	79.2	90.0	132
400	16	610	253	1219	813	39.9	45.5	89.3	118	118	195
450	18	686	284	1372	914	50.5	57.7	113	168	150	274
500	20	762	316	1524	1016	71.3	81.5	140	219	186	372
550	22	838	347	1676	1118	86.3	98.8	170	—	225	492
600	24	914	379	1829	1219	118	137	202	366	269	634
650	26	991	410	—	—	—	—	238	—	316	—
700	28	1067	442	—	—	—	—	276	—	367	—
750	30	1143	473	—	—	214	264	318	—	421	—
800	32	1219	505	—	—	—	—	362	656	480	—
850	34	1295	537	—	—	—	—	408	742	542	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		尺　寸				不同壁厚下的理论质量(90°弯头)					
DN	NPS	*A*	*B*	*D*	*K*	5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
900	36	1372	568	—	—	—	—	458	906	608	—
950	38	1448	600	—	—	—	—	509	—	678	202
1000	40	1524	631	—	—	—	—	564	—	752	—
1050	42	1600	663	—	—	—	—	622	—	829	—
1100	44	1676	694	—	—	—	—	683	—	910	—
1150	46	1753	726	—	—	—	—	747	—	995	—
1200	48	1829	758	—	—	—	—	813	—	1084	—

注：1. 表列质量用于碳钢，奥氏体不锈钢应乘以 1.015 (304)、1.020 (316)。

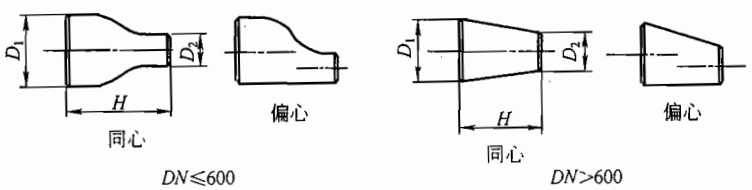
2. 表列为 1.5D90°弯头理论质量。45°及 180°弯头为其 1/2 及 2 倍。

3. 管件规格详见 GB/T 12459。

表 27-46　短半径弯头尺寸系列　/mm

公称直径		尺　寸					公称直径		尺　寸				
DN	NPS	*OD*	*A*	*D*	*K*	*B*	*DN*	NPS	*OD*	*A*	*D*	*K*	*B*
25	1	33	25	51	41	10	200	8	219	203	406	313	84
32	1¼	42	32	64	52	13	250	10	273	254	508	391	105
40	1½	48	38	76	62	16	300	12	324	305	610	467	126
50	2	60	51	102	81	21	350	14	356	356	711	533	148
65	2½	73	64	127	100	26	400	16	406	406	813	610	168
80	3	89	76	152	121	32	450	18	457	457	914	686	189
90	3½	102	89	178	140	—	500	20	508	508	1016	762	210
100	4	114	102	203	159	42	550	22	559	559	1118	838	—
125	5	141	127	254	197	53	600	24	610	610	1219	914	253
150	6	168	152	305	237	63							

2.2.2　异径管（见表 27-47 和图 27-4）



DN≤600　　*DN*>600

图 27-4

表 27-47　异径管尺寸系列

公称直径		长度 *H* /mm	不同壁厚下的理论质量/kg					
DN	NPS		5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
50×25	2×1	76	0.17	0.27	0.41	0.41	0.56	0.56
50×32	2×1¼				0.41		0.56	
50×40	2×1½				0.41		0.56	
65×32	2½×1¼	89	0.30	0.43	0.77	0.77	1.01	1.01
65×40	2½×1½				0.77		1.01	
65×50	2½×2				0.77		1.01	
80×40	3×1½	89	0.37	0.53	1.00	1.00	1.36	1.36
80×50	3×2				1.00		1.36	
80×65	3×2½				1.00		1.36	
100×50	4×2	102	0.57	0.82	1.63	1.63	2.27	2.27
100×65	4×2½				1.63		2.27	
100×80	4×3				1.63		2.27	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		长度 H /mm	不同壁厚下的理论质量/kg					
DN	NPS		5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
125×65	5×2½	127	1.11	1.35	2.77	2.77	3.92	3.92
125×80	5×3				2.77		3.92	
125×100	5×4				2.77		3.92	
150×80	6×3	140	1.48	1.81	3.95	3.95	5.94	5.94
150×100	6×4				3.95		5.94	
150×125	6×5				3.95		5.94	
200×100	8×4	152	2.04	2.75	6.49	6.49	9.84	9.84
200×125	8×5				6.49		9.84	
200×150	8×6				6.49		9.84	
250×125	10×5	178	3.43	4.21	10.7	10.7	14.5	16.3
250×150	10×6				10.7		14.5	16.3
250×200	10×8				10.7		14.5	16.3
300×150	12×6	203	5.97	6.88	15.0	16.2	19.8	27.3
300×200	12×8				15.0		19.8	
300×250	12×10				15.0		19.8	
350×200	14×8	330	11.0	13.2	26.8	29.5	35.5	49.2
350×250	14×10				26.8		35.5	
350×300	14×12				26.8		35.5	
400×200	16×8	356	14.1	16.1	33.1	41.0	44.0	67.5
400×250	16×10				33.1		44.0	
400×300	16×12				33.1		44.0	
400×350	16×14				33.2		44.0	
450×250	18×10	381	17.1	19.5	39.9	50.0	56.0	91.2
450×300	18×12				39.9		56.0	
450×350	18×14				39.9		56.0	
450×400	18×16				39.9		56.0	

公称直径		长度 H /mm	不同壁厚下的理论质量/kg						
DN	NPS		5S	10S	7.9	Std 9.53	XS 12.70	Sch40	Sch80
500×250	20×10	508	24.0	27.8	37.6	45	59.7	70.5	119
500×300	20×12		25.4	29.4	40.1	48	63.7	75.3	127
500×350	20×14		26.3	30.4	42.0	50.3	66.7	81.7	133
500×400	20×16		27.7	32.0	44.5	53.3	70.7	83.6	141
500×450	20×18		29.1	33.7	47.0	56.3	74.5	88.4	150
550×300	22×12	508	26.8	31.7	42.6	51.1	67.8	85	147
550×350	22×14		28.1	32.7	44.5	53.3	70.7	89	154
550×400	22×16		29.4	34.0	47.0	56.3	74.8	94	163
550×450	22×18		30.8	35	49.5	59.3	78.8	99	172
550×500	22×20		32.1	37.3	52.0	62.4	82.8	104	181
600×300	24×12	508	33.1	37.7	45.1	54.1	71.8	97.4	168
600×350	24×14		34.6	39.5	47.0	56.3	74.7	101	175
600×400	24×16		36.1	41.3	49.5	59.3	78.8	107	185
600×450	24×18		37.6	43.1	52.0	62.4	82.8	112	195
600×500	24×20		39.2	44.9	54.5	65.4	86.7	118	205
600×550	24×22		40.9	46.8	57.0	68.4	90.9	125	215
650×350	26×14	610	—	—	59.4	71.2	94.6	—	—
650×400	26×16		—	—	62.4	74.8	99.4	—	—
650×450	26×18		—	—	65.4	78.5	104	—	—
650×500	26×20		—	—	68.4	82.1	109	—	—
650×550	26×22		—	—	71.5	85.7	114	—	—
650×600	26×24		—	—	74.5	89.3	119	—	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		长度 H /mm	不同壁厚下的理论质量/kg						
DN	NPS		5S	10S	7.9	Std 9.53	XS 12.70	Sch40	Sch80
700×350	26×14	610	—	—	62.4	74.8	99.4	—	—
700×400	26×16		—	—	65.4	78.4	104	—	—
700×450	26×18		—	—	68.4	82.1	109	—	—
700×500	26×20		—	—	71.5	85.7	114	—	—
700×550	26×22		—	—	74.5	89.3	119	—	—
700×600	26×24		—	—	77.5	93.0	124	—	—
700×650	26×26		—	—	80.5	96.6	129	—	—
750×400	30×16	610	56.4	71.9	68.4	82.9	109	—	—
750×450	30×18		58.9	74.6	71.4	85.7	116	—	—
750×500	30×20		61.4	77.5	74.5	89.3	119	—	—
750×550	30×22		63.9	80.0	77.5	93.0	124	—	—
750×600	30×24		66.4	82.7	80.5	96.6	129	—	—
750×650	30×26		—	—	83.5	100	133	—	—
750×700	30×28		—	—	86.5	104	138	—	—
800×400	32×16	610	—	—	72.4	87	116	—	—
800×450	32×18		—	—	74.5	89.3	119	—	—
800×500	32×20		—	—	77.5	92.9	124	—	—
800×550	32×22		—	—	80.5	96.6	126	—	—
800×600	32×24		—	—	83.5	100	133	—	—
800×650	32×26		—	—	86.5	104	138	—	—
800×700	32×28		—	—	89.6	107	143	—	—
800×750	32×30		—	—	92.0	111	148	—	—
850×450	34×18	610	—	—	77.4	93.0	124	—	—
850×500	34×20		—	—	80.5	96.6	129	—	—
850×550	34×22		—	—	83.5	100	133	—	—
850×600	34×24		—	—	86.5	104	138	—	—
850×650	34×26		—	—	89.6	107	143	—	—
850×700	34×28		—	—	92.6	111	148	—	—
850×750	34×30		—	—	95.6	115	153	—	—
850×800	34×32		—	—	98.6	118	156	—	—
900×450	36×18	610	—	—	80.5	96.6	129	—	—
900×500	36×20		—	—	83.5	100	133	—	—
900×550	36×22		—	—	86.5	104	138	—	—
900×600	36×24		—	—	89.6	107	143	—	—
900×650	36×26		—	—	92.6	111	148	—	—
900×700	36×28		—	—	95.6	115	153	—	—
900×750	36×30		—	—	98.6	118	158	—	—
900×800	36×32		—	—	102	122	162	—	—
900×850	36×34		—	—	105	126	167	—	—
950×500	38×20	610	—	—	87.5	105	140	—	—
950×550	38×22		—	—	89.6	107	144	—	—
950×600	38×24		—	—	92.6	111	147	—	—
950×650	38×26		—	—	95.6	115	153	—	—
950×700	38×28		—	—	98.5	118	158	—	—
950×750	38×30		—	—	102	122	162	—	—
950×800	38×32		—	—	105	126	167	—	—
950×850	38×34		—	—	108	127	172	—	—
950×900	38×36		—	—	111	133	177	—	—
1000×500	40×20	610	—	—	89.6	107	143	—	—
1000×600	40×24		—	—	95.6	115	153	—	—
1000×650	40×26		—	—	98.6	118	158	—	—

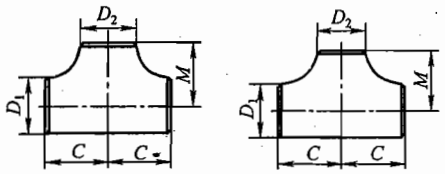
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		长度 H /mm	不同壁厚下的理论质量/kg						
DN	NPS		5S	10S	7.9	Std 9.53	XS 12.70	Sch40	Sch80
1000×700	40×28	610	—	—	102	122	162	—	—
1000×750	40×30		—	—	105	126	167	—	—
1000×800	40×32		—	—	108	129	172	—	—
1000×850	40×34		—	—	111	133	177	—	—
1000×900	40×36		—	—	114	136	182	—	—
1000×950	40×38		—	—	117	140	187	—	—
1050×550	42×22	610	—	—	95.6	115	153	—	—
1050×600	42×24		—	—	98.6	118	158	—	—
1050×650	42×26		—	—	102	122	162	—	—
1050×700	42×28		—	—	105	126	167	—	—
1050×750	42×30		—	—	108	129	172	—	—
1050×800	42×32		—	—	111	133	177	—	—
1050×850	42×34		—	—	114	136	182	—	—
1050×900	42×36		—	—	117	140	187	—	—
1050×950	42×38		—	—	120	144	192	—	—
1050×1000	42×40		—	—	123	147	196	—	—
1100×550	44×22	610	—	—	98.6	118	158	—	—
1100×600	44×24		—	—	102	122	162	—	—
1100×650	44×26		—	—	105	126	167	—	—
1100×700	44×28		—	—	108	129	172	—	—
1100×750	44×30		—	—	111	133	177	—	—
1100×800	44×32		—	—	114	136	182	—	—
1100×850	44×34		—	—	117	140	187	—	—
1100×900	44×36		—	—	120	144	192	—	—
1100×950	44×38		—	—	123	147	196	—	—
1100×1000	44×40		—	—	126	151	201	—	—
1100×1050	44×42		—	—	129	155	206	—	—
1150×600	46×24	711	—	—	106	147	195	—	—
1150×650	46×26		—	—	126	151	201	—	—
1150×700	46×28		—	—	129	155	206	—	—
1150×750	46×30		—	—	133	159	212	—	—
1150×800	46×32		—	—	136	163	218	—	—
1150×850	46×34		—	—	140	168	223	—	—
1150×900	46×36		—	—	143	172	229	—	—
1150×950	46×38		—	—	147	176	235	—	—
1150×1000	46×40		—	—	150	180	240	—	—
1150×1050	46×42		—	—	154	185	246	—	—
1150×1100	46×44		—	—	157	187	252	—	—
1200×600	48×24	711	—	—	126	151	201	—	—
1200×650	48×26		—	—	129	155	206	—	—
1200×700	48×28		—	—	133	159	212	—	—
1200×750	48×30		—	—	136	163	218	—	—
1200×800	48×32		—	—	140	168	223	—	—
1200×850	48×34		—	—	143	172	229	—	—
1200×900	48×36		—	—	147	176	235	—	—
1200×950	48×38		—	—	150	180	240	—	—
1200×1000	48×40		—	—	154	185	246	—	—
1200×1050	48×42		—	—	157	189	252	—	—
1200×1100	48×44		—	—	161	183	257	—	—
1200×1150	48×46		—	—	164	197	263	—	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.2.3　等径三通、异径三通尺寸系列（见表 27-48、表 27-49 和图 27-5）



等径三通　　异径三通

图 27-5

2.2.4　管帽（见表 27-50 和图 27-6）

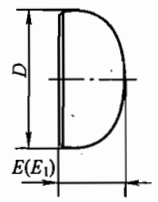


图 27-6

表 27-48　等径三通尺寸系列　/mm

公称直径		中心至端面尺寸 C、M	不同壁厚下的理论质量/kg					
DN	NPS		5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
15	1/2	25	0.05	0.07	0.16	0.16	0.20	0.20
20	3/4	29	0.08	0.10	0.20	0.20	0.27	0.27
25	1	38	0.13	0.21	0.29	0.29	0.35	0.35
32	1¼	48	0.21	0.34	0.53	0.53	0.65	0.65
40	1½	57	0.28	0.47	0.77	0.77	0.96	0.96
50	2	64	0.40	0.64	1.29	1.29	1.87	1.87
65	2½	76	0.74	1.03	2.68	2.68	3.08	3.08
80	3	86	0.96	1.35	3.82	3.82	4.50	4.50
90	3½	95	1.22	1.71				
100	4	105	1.49	2.12	6.00	6.00	8.44	8.44
125	5	124	2.85	3.45	9.93	9.93	12.9	12.9
150	6	143	3.88	4.70	16.5	16.5	19.3	19.3
200	8	178	6.27	8.91	27.7	27.7	34.5	34.50
250	10	216	11.4	13.4	41.3	41.3	58.5	67.50
300	12	254	18.7	21.0	66.7	70.5	84.8	115.0
350	14	279	25.7	31.7	102	105	108.9	162.30
400	16	305	31.4	36.1	110	129.8	167	195.0
450	18	343	39.8	45.5	908	136	120.5	226
500	20	381	56.3	65.3	112.4	178	149.4	308
550	22	419	73.5	85.2	146.6	—	195.5	440
600	24	432	93.9	107	161.4	296	215	524
650	26	495	—	—	176	—	235	—
700	28	521	—	—	198	—	264	—
750	30	559	176	200	228	—	304	—
800	32	597	—	—	260	—	346	—
850	34	635	—	—	295	—	392	—
900	36	673	—	—	331	—	441	—
950	38	711	—	—	370	—	492	—
1000	40	749	—	—	411	—	541	—
1050	42	762/711	—	—	422	—	562	—
1100	44	813/762	—	—	479	—	637	—
1150	46	851/809	—	—	520	—	694	—
1200	48	889/838	—	—	568	—	758	—

注：NPS1/2～16Std～Sch80 为内坡口增强挤压成型三通的质量。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-49 异径三通尺寸系列 /mm

公称直径		C	M	不同壁厚下的理论质量/kg					
$D_1 \times D_2$	NPS			5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
50×25	2×1	64	51	0.40	0.84	0.94	0.94	1.34	1.34
80×50	3×2	86	76	1.07	1.55	2.79	2.79	3.85	3.85
100×50	4×2	105	89	1.57	2.29	4.41	4.41	6.12	6.12
100×80	4×3		98	1.61	2.33	4.60	4.60	6.52	6.52
125×100	5×4	124	117	3.15	3.90	7.52	7.52	10.8	10.8
150×80	6×3	143	124	3.93	4.82	10.0	10.0	15.3	15.3
150×100	6×4		130	3.95	4.87	10.2	10.2	15.6	15.6
150×125	6×5		137	4.13	5.08	10.6	10.6	16.3	16.3
200×100	8×4	178	156	6.84	9.39	20.2	20.2	31.3	31.3
200×125	8×5		162	7.03	9.55	20.7	20.7	32.2	32.2
200×150	8×6		168	7.17	9.74	21.1	21.1	32.8	32.8
250×100	10×4	216	184	11.7	14.4	32.2	32.2	43.8	52.1
250×125	10×5		191	11.9	14.6	32.7	32.7	44.5	52.9
250×150	10×6		194	12.1	15.0	33.4	33.4	45.4	54.0
250×200	10×8		203	13.3	16.4	36.4	36.4	49.8	59.0
300×125	12×5	254	216	19.1	22.1	46.4	50.2	61.4	84.6
300×150	12×6		219	19.5	22.7	47.1	51.0	62.8	86.4
300×200	12×8		229	20.0	23.1	48.2	52.2	64.2	88.4
300×250	12×10		241	20.3	23.4	49.0	53.1	65.5	90.2
350×150	14×6	279.4	238.1	22.3	27.1	55.5	64.8	73.3	110
350×200	14×8		247.7	23.1	27.9	55.8	65.2	74.0	111
350×250	14×10		257.2	23.7	28.6	57.1	66.7	76	114
350×300	14×12		269.9	24.2	29.2	58.4	68.2	77.3	116
400×150	16×6	304.8	263.5	27.7	31.8	58.4	85.8	77.5	155
400×200	16×8		273.1	28.1	32.3	59.6	86.8	79.5	157
400×250	16×10		282.6	28.7	33	61.4	88.7	81.3	161
400×300	16×12		295.8	28.2	34.4	63.4	90.8	83.8	168
400×350	16×14		304.8	30.4	34.9	64.9	93.4	85.9	170
450×250	18×10	342.9	308	37.3	42.6	76.7	127	102	212
450×300	18×12		320.7	37.3	42.6	78.7	127	104	212
450×350	18×14		330.2	38.3	43.8	80.2	130	106	218
450×400	18×16		330.2	39	44.5	81.5	133	108	222
500×300	20×12	381	346.1	52.8	61.2	95.9	167	127	289
500×350	20×14		355.6	53.7	62.3	97.4	170	129	294
500×400	20×16		355.6	54.7	63.4	98.7	173	131	299
500×450	20×18		368.3	55.4	64.2	101	175	134	303
550×300	22×12	419.1	371.5	64.0	74.2	115	—	152	382
550×350	22×14		381	65.5	75.9	116	—	154	391
550×400	22×16		381	66.2	76.7	117	—	156	395
550×450	22×18		393.7	67.7	78.5	120	—	159	404
550×500	22×20		406.4	70.7	81.9	123	—	163	422
600×350	24×14	431.8	406.4	81.7	93.5	130	257	172	456
600×400	24×16		406.4	83.2	95.7	131	263	174	466
600×450	24×18		419.1	84.5	96.9	134	266	177	473
600×500	24×20		431.8	86.4	99.4	137	272	181	482
600×550	24×22		431.8	90.1	103	138	—	183	503
650×400	26×16	495.3	431.8	—	—	160	—	213	—
650×450	26×18		444.5	—	—	163	—	217	—
650×500	26×20		457.2	—	—	166	—	221	—
650×550	26×22		469.9	—	—	169	—	225	—
650×600	26×24		482.6	—	—	172	—	230	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		C	M	不同壁厚下的理论质量/kg					
$D_1 \times D_2$	NPS			5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
700×450	28×18	520.7	469.9	—	—	183	—	244	—
700×500	28×20		482.6	—	—	186	—	248	—
700×550	28×22		495.3	—	—	189	—	252	—
700×600	28×24		508	—	—	193	—	257	—
700×650	28×26		520.7	—	—	196	—	262	—
750×500	30×20	558.8	508	153	174	212	—	283	—
750×550	30×22		520.7	157	195	215	—	287	—
750×600	30×24		533.4	158	197	219	—	292	—
750×650	30×26		546.1	—	—	222	—	297	—
750×700	30×28		546.1	—	—	224	—	299	—
800×550	32×22	596.9	546.1	—	—	242	—	322	—
800×600	32×24		558.8	—	—	246	475	327	—
800×650	32×26		571.5	—	—	249	—	332	—
800×700	32×28		571.5	—	—	251	—	334	—
800×750	32×30		584.2	—	—	255	—	340	—
850×600	34×24	635	584.2	—	—	276	545	367	—
850×650	34×26		596.9	—	—	279	—	372	—
850×700	34×28		596.9	—	—	281	—	374	—
850×750	34×30		609.6	—	—	285	—	380	—
850×800	34×32		622.3	—	—	290	601	386	—
900×650	36×26	673.1	622.3	—	—	310	667	414	—
900×700	36×28		622.3	—	—	312	—	416	—
900×750	36×30		635	—	—	316	—	422	—
900×800	36×32		647.7	—	—	321	690	428	—
900×850	36×34		660.4	—	—	326	736	434	—
950×700	38×28	711.2	647.7	—	—	346	—	460	—
950×750	38×30		673.1	—	—	353	—	469	—
950×800	38×32		685.8	—	—	357	—	475	—
950×850	38×34		698.5	—	—	362	—	481	—
950×900	38×36		711.2	—	—	368	—	492	—
1000×750	40×30	749.3	698.5	—	—	388	—	516	—
1000×800	40×32		711.2	—	—	392	—	522	—
1000×850	40×34		723.9	—	—	397	—	528	—
1000×900	40×36		736.6	—	—	403	—	536	—
1000×950	40×38		749.3	—	—	408	—	543	—
1050×800	42×32	762	711.2	—	—	411	—	548	—
1050×850	42×34		711.2	—	—	414	—	550	—
1050×900	42×36		711.2	—	—	416	—	553	—
1050×950	42×38		711.2	—	—	418	—	556	—
1050×1000	42×40		711.2	—	—	420	—	559	—
1100×850	44×34	812.8	723.9	—	—	456	—	606	—
1100×900	44×36		723.9	—	—	458	—	609	—
1100×950	44×38		736.6	—	—	463	—	615	—
1100×1000	44×40		749.3	—	—	468	—	622	—
1100×1050	44×42		762	—	—	473	—	629	—
1150×900	46×36	850.9	762	—	—	499	—	666	—
1150×950	46×38		762	—	—	501	—	669	—
1150×1000	46×40		774.7	—	—	506	—	676	—
1150×1050	46×42		787.4	—	—	511	—	683	—
1150×1100	46×44		800.1	—	—	517	—	691	—
1200×950	48×38	889	812.8	—	—	549	—	733	—
1200×1000	48×40		812.8	—	—	551	—	736	—
1200×1050	48×42		812.8	—	—	553	—	739	—
1200×1100	48×44		838.2	—	—	562	—	751	—
1200×1150	48×46		838.2	—	—	565	—	755	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-50 管帽

公称直径		高 度/mm		不同壁厚下的理论质量/kg					
DN	NPS	*E*(T)	E_1	5S	10S	Std	Sch40	XS	Sch80
15	1/2	25	25	0.022	0.028	0.032	0.032	0.045	0.045
20	3/4	25	25	0.029	0.035	0.059	0.059	0.073	0.073
25	1	38	38	0.052	0.087	0.10	0.10	0.13	0.13
32	1¼	38	38	0.065	0.11	0.14	0.14	0.18	0.18
40	1½	38	38	0.076	0.127	0.17	0.17	0.22	0.22
50	2	38(5.5)	44	0.10	0.17	0.23	0.23	0.32	0.32
65	2½	38(7.0)	51	0.16	0.23	0.37	0.37	0.47	0.47
80	3	51(7.6)	64	0.25	0.37	0.64	0.64	0.85	0.85
90	3½	64(8.1)	76	0.36	0.51	0.90	0.96	1.36	1.36
100	4	64(8.6)	76	0.41	0.59	1.15	1.15	1.57	1.57
125	5	76(9.5)	89	0.80	0.99	1.90	1.90	2.65	2.65
150	6	89(11)	102	1.13	1.39	2.92	2.92	4.28	4.28
200	8	102(12.7)	127	1.74	2.38	5.08	5.08	2.58	7.58
250	10	127(12.7)	152	3.26	4.14	9.07	9.07	12.0	16.4
300	12	152(12.7)	178	5.41	6.15	13.4	14.4	17.2	26.4
350	14	165(12.7)	191	6.70	8.02	16.1	18.8	20.5	34.9
400	16	178(12.7)	203	8.83	10.1	20.3	26.2	26.2	49
450	18	203(12.7)	229	11.3	12.9	25.9	41.5	33.6	69
500	20	229(12.7)	254	16.0	18.4	32.2	54	42.6	93.7
550	22	254(12.7)	254	19.4	22.5	38.7	78.3	51.8	116
600	24	267(12.7)	325	26.9	30.9	46.3	90.1	59.4	160
650	26	267	—	—	—	52.5	—	62.3	—
700	28	267	—	—	—	56.2	—	67.3	—
750	30	267	—	41.4	51.6	62.1	—	89	—
800	32	267	—	—	—	68.4	126	97	—
850	34	267	—	—	—	75	137	100	—
900	36	267	—	—	—	31.9	163	109	—
950	38	305	—	—	—	94.4	—	126	—
1000	40	305	—	—	—	102	—	137	—
1050	42	305	—	—	—	110	—	147	—
1100	44	343	—	—	—	125	—	167	—
1150	46	343	—	—	—	134	—	179	—
1200	48	343	—	—	—	141	—	191	—

注：高度 E 适用于壁厚 T 不超过括号内数字时，否则应采用 E_1 高度。

2.2.5 对焊管件形位偏差（ASME/ANSI B16.9、B16.28）

形位偏差值见表 27-51、表 27-52 及图 27-7。

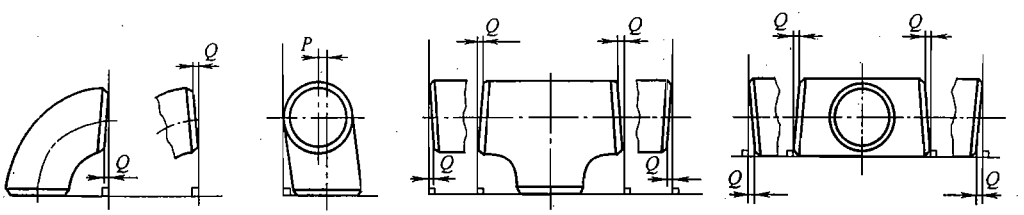


图 27-7

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-51 对焊管件形位偏差（一） /mm

公称直径		坡口处外径	端部内径	壁厚	90°、45°弯头 A、B	三通 C,M	异径管 H	管端 E	180°弯头		
DN	NPS								D	K	不平度
15～65	½～2½	+1.6 −0.8	±0.8	−12.5%	±1.6	±1.6	±1.6	±3.2	±6.4	±6.4	±0.8
80～100	3～4	±1.6	±1.6					±6.4			
125～200	5～8	+2.4 −1.6									
250～450	10～18	+4.0 −3.2	±3.2		±2.4	±2.4	±2.4		±9.6		
500～600	20～24	+6.4 −4.8	±4.8		±3.2	±3.2	±4.8	±9.6	—	—	—
650～750	26～30										
800～1200	32～48				±4.8	±4.8					
1250～1500	50～60	+9.6 −6.4	±6.4		±9.6	±9.6	±9.6	—			
1550～1750	62～70	+12.7 −9.6	±9.6		±12.7	—	—				
1800～2000	72～80	+16 −12	±12		±16						

注：尺寸 C，M，H，E，D，K 见图 27-3，图 27-5，图 27-6。

表 27-52 对焊管件形位偏差（二） /mm

公称直径		Q 角度偏差	P 平面偏差	公称直径		Q 角度偏差	P 平面偏差
DN	NPS			DN	NPS		
15～100	1/2～4	0.8	1.6	800～1050	32～42	4.8	12.7
125～200	5～8	1.6	3.2	1100～1200	44～48		19
250～300	10～12	2.4	4.8	1250～1500	50～60	6.4	6.4
350～400	14～16		6.4	1550～1750	62～70	9.6	9.6
450～600	18～24	3.2	9.6	1800～2000	72～80	12	12
650～750	26～30	4.8					

2.3 翻边短节

翻边短节的尺寸系列有美洲体系法兰用（见表 27-53）及欧洲体系法兰用（见表 27-54）两种，翻边短节外形见图 27-8。

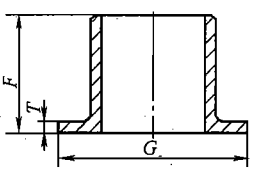


图 27-8 翻边短节

2.4 管法兰

2.4.1 欧洲体系管法兰

(1) 密封面型式和代号（见图 27-9）

(2) 密封面尺寸（见表 27-55 和图 27-9）

(3) 法兰尺寸（见表 27-56～表 27-62）

表 27-53 翻边短节尺寸（美洲体系法兰用） /mm

公称直径		外径 G	长度 F		不同壁厚下的理论质量/kg					
					5S		10S		Sch40	
DN	NPS		长型	短型	长型	短型	长型	短型	长型	短型
15	1/2	35	76	51	0.067	0.049	0.084	0.062	0.106	0.08
20	3/4	43	76	51	0.087	0.064	0.11	0.081	0.14	0.10
25	1	51	102	51	0.144	0.082	0.23	0.134	0.28	0.16
32	1¼	64	102	51	0.188	0.11	0.31	0.18	0.39	0.23
40	1½	73	102	51	0.219	0.13	0.36	0.21	0.47	0.28

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		外径 G	长度 F		不同壁厚下的理论质量/kg					
					5S		10S		Sch40	
DN	NPS		长型	短型	长型	短型	长型	短型	长型	短型
50	2	92	152	64	0.406	0.20	0.67	0.34	0.92	0.47
65	2½	105	152	64	0.626	0.31	0.90	0.45	1.47	0.74
80	3	127	152	64	0.781	0.40	1.1	0.57	1.95	1.01
90	3½	140	152	76	0.896	0.52	1.3	0.65	2.35	1.38
100	4	157	152	76	1.024	0.61	1.5	0.87	2.82	1.68
125	5	186	203	76	2.153	0.99	2.6	1.21	4.96	2.08
150	6	216	203	89	2.59	1.34	3.2	1.64	6.48	3.37
200	8	270	203	102	3.41	1.96	4.6	2.65	9.82	5.67
250	10	324	254	127	6.39	3.6	7.8	4.38	17.0	9.55
300	12	381	254	152	8.9	5.9	10.3	6.74	21	13.8
350	14	413	305	152	11.6	6.6	13.9	7.49	—	16.88
400	16	470	305	152	14.2	7.8	16.1	8.80		
450	18	533	305	152	16.2	9.0	18.5	10.5		
500	20	584	305	152	20.0	11.1	33.8	13.2		
550	22	641	305	—	22.8	12.8	26.4	14.8		
600	24	692	305	152	28.8	16.13	33	18.5		

表 27-54 翻边短节尺寸（欧洲体系法兰用） /mm

公称直径		$PN6$ MPa			$PN10$ MPa			$PN16$ MPa			$PN25$ MPa			$PN40$ MPa		
DN	NPS	F	G	T	F	G	T	F	G	T	F	G	T	F	G	T
10	3/8	28	33	1.8	35	41	1.8	35	41	1.8	35	41	1.8	35	41	1.8
15	1/2	30	38	2.0	38	46	2.0	38	46	2.0	38	46	2.0	38	46	2.0
20	3/4	32	48	2.3	40	56	2.3	40	56	2.3	40	56	2.3	40	56	2.3
25	1	35	58	2.6	40	65	2.6	40	65	2.6	40	65	2.6	40	65	2.6
32	1¼	35	69	2.6	42	76	2.6	42	76	2.6	42	76	2.6	42	76	2.6
40	1½	38	78	2.6	45	84	2.6	45	84	2.6	45	84	2.6	45	84	2.6
50	2	38	88	2.9	48	99	2.9	48	99	2.9	48	99	2.9	48	99	2.9
65	2½	38	108	2.9	48	118	2.9	48	118	2.9	52	118	2.9	52	118	2.9
80	3	42	124	3.2	50	132	3.2	50	132	3.2	58	132	3.2	58	132	3.2
100	4	45	144	3.6	52	156	3.6	52	156	3.6	65	156	3.6	65	156	3.6
125	5	48	174	4.0	55	184	4.0	55	184	4.0	68	184	4.0	68	184	4.0
150	6	48	199	4.5	55	211	4.5	55	211	4.5	75	211	4.5	75	211	4.5
200	8	55	254	5.9	62	266	5.9	62	266	5.9	80	274	6.3	88	284	6.3
250	10	60	309	6.3	68	319	6.3	70	319	6.3	88	330	7.1	105	345	7.1
300	12	62	363	7.1	68	370	7.1	78	370	7.1	92	389	8.0	115	409	8.0
350	14	62	413	7.1	68	429	7.1	82	429	8.0	100	448	8.0	125	465	8.8
400	16	65	463	7.1	72	480	7.1	85	480	8.0	110	503	8.8	135	535	11.0
450	18	65	518	7.1	72	530	7.1	87	548	8.0	110	548	8.8	135	560	12.5
500	20	68	568	7.1	75	582	7.1	90	609	8.0	125	609	10.0	140	615	14.2
600	24	70	667	7.1	80	682	7.1	95	720	8.8	125	720	11.0	150	735	16.0

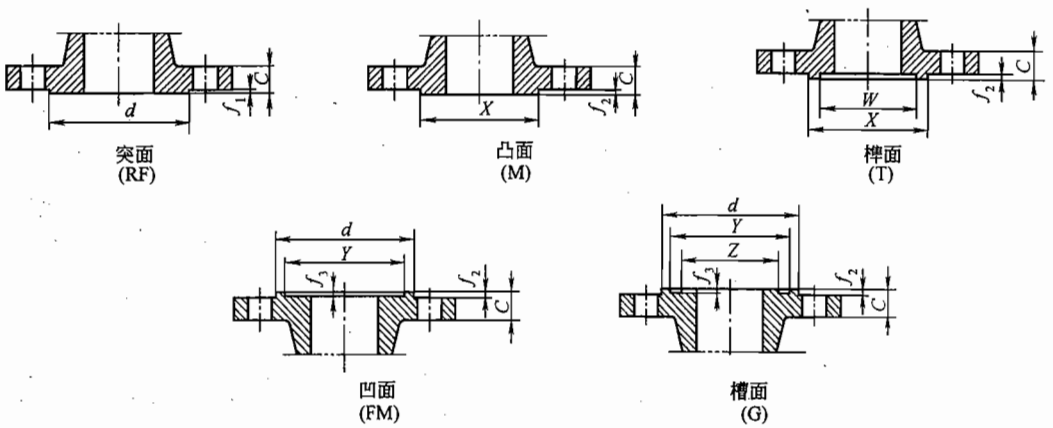


图 27-9 管法兰密封面型式代号和尺寸代号

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-55 管法兰密封面尺寸 /mm

公称直径 DN	公称直径 NPS	f_1	f_2	f_3	W	X	Y	Z
10	3/8	2	4	3	24	34	35	23
15	1/2				29	39	40	28
20	3/4				36	50	51	35
25	1				43	57	58	42
32	1¼				51	65	66	50
40	1½				61	75	76	60
50	2				73	87	88	72
65	2½				95	109	110	94
80	3				106	120	121	105
100	4		4.5	3.5	129	149	150	128
125	5				155	175	176	154
150	6				183	203	204	182
200	8				239	259	260	238
250	10				292	312	313	291
300	12				343	363	364	342
350	14		5	4	395	421	422	394
400	16				447	473	474	446
450	18				497	523	524	496
500	20				549	575	576	548
600	24				649	675	676	648

注：法兰突台直径 d 见欧洲体系管法兰的尺寸表。

表 27-56 *PN*1.0MPa 法兰尺寸

公称直径 DN	公称直径 NPS	钢管外径 A /mm	法兰外径 D /mm	突台直径 d /mm	螺栓中心圆直径 K /mm	螺栓孔直径 L /mm	螺栓孔数 /个	螺栓尺寸 /mm	法兰厚度 /mm				颈部直径 /mm		法兰高度 /mm		法兰近似质量 /kg			
									C_1	C_2	C_3	C_4	N_1	N_2	H_1	H_2	W_1	W_2	W_3	W_4
10	3/8	17.2	90	41	60	14	4	M12	14	14	14	14	28	30	35	22	0.59	0.56	0.53	0.56
15	1/2	21.3	95	46	65	14	4	M12	14	14	14	14	32	35	38	22	0.68	0.63	0.59	0.64
20	3/4	26.9	105	56	75	14	4	M12	16	16	16	16	40	45	40	26	0.97	0.93	0.85	0.92
25	1	33.7	115	65	85	14	4	M12	16	16	16	16	46	52	40	28	1.16	1.12	1.01	1.13
(32)	(1¼)	42.4	140	76	100	18	4	M16	18	18	18	18	56	60	42	30	1.89	1.79	1.67	1.88
40	1½	48.3	150	84	110	18	4	M16	18	18	18	18	64	70	45	32	2.20	2.12	1.91	2.18
50	2	60.3	165	99	125	18	4	M16	20	20	20	20	74	84	48	34	2.93	2.82	2.53	3.00
(65)	(2½)	76.1	185	118	145	18	4	M16	20	20	20	20	92	104	48	32	3.32	3.30	2.94	3.68
80	3	88.9	200	132	160	18	8	M16	20	20	20	20	110	118	50	34	3.98	3.85	3.36	4.37
100	4	114.3	220	156	180	18	8	M16	22	22	22	22	130	140	52	40	4.89	4.81	4.12	5.94
(125)	(5)	139.7	250	184	210	18	8	M16	22	22	22	22	158	168	55	44	6.24	6.20	5.09	7.80
150	6	168.1	285	211	240	22	8	M20	24	24	24	24	184	195	55	44	8.17	7.84	6.74	11.04
200	8	219.1	340	266	295	22	8	M20	24	24	24	24	234	246	62	44	11.42	10.18	8.77	16.03
250	10	273	395	319	350	22	12	M20	26	26	26	26	288	298	68	46	15.01	12.75	11.23	23.48
300	12	323.9	445	370	400	22	12	M20	26	26	28	26	342	350	68	46	18.03	14.82	13.98	30.13
350	14	355.6	505	429	460	22	16	M20	26	26	30	26	390	400	68	53	25.26	23.26	21.05	38.86
400	16	406.4	565	480	515	26	16	M24	26	26	32	26	440	456	72	57	30.79	28.85	26.58	52.28
450	18	457	615	530	565	26	20	M24	28	28	35	28	488	502	72	63	36.29	33.40	31.61	61.93
500	20	508	670	582	620	26	20	M24	28	28	38	28	540	559	75	67	42.68	40.18	39.03	73.87
600	24	610	780	682	725	30	20	M27	28	28	42	34	640	658	80	75	62.25	56.03	53.07	122.3

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）法兰；3—活套、平板法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-57 *PN*1.6MPa 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度				颈部直径		法兰高度		法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1	C_2	C_3	C_4	N_1	N_2	H_1	H_2	W_1	W_2	W_3	W_4
10	3/8	17.2	90	41	60	14	4	M12	14	14	14	14	28	30	35	22	0.59	0.56	0.53	0.56
15	1/2	21.3	95	46	65	14	4	M12	14	14	14	14	32	35	38	22	0.68	0.63	0.59	0.64
20	3/4	26.9	105	56	75	14	4	M12	16	16	16	16	40	45	40	26	0.97	0.93	0.85	0.92
25	1	33.7	115	65	85	14	4	M12	16	16	16	16	46	52	40	28	1.16	1.12	1.01	1.13
(32)	(1¼)	42.4	140	76	100	18	4	M16	18	18	18	18	56	60	42	30	1.89	1.79	1.67	1.88
40	1½	48.3	150	84	110	18	4	M16	18	18	18	18	64	70	45	32	2.20	2.12	1.91	2.18
50	2	60.3	165	99	125	18	4	M16	20	20	20	20	74	84	48	34	2.93	2.82	2.53	3.00
(65)	(2½)	76.1	185	118	145	18	8	M16	20	20	20	20	92	104	48	32	3.32	3.30	2.94	3.68
80	3	88.9	200	132	160	18	8	M16	20	20	20	20	110	118	50	34	3.98	3.85	3.36	4.37
100	4	114.3	220	156	180	18	8	M16	22	22	22	22	130	140	52	40	4.89	4.81	4.12	5.94
(125)	(5)	139.7	250	184	210	18	8	M16	22	22	22	22	158	168	55	44	6.24	6.20	5.09	7.80
150	6	168.1	285	211	240	22	8	M20	24	24	24	24	184	195	55	44	8.17	7.84	6.74	11.04
200	8	219.1	340	266	295	22	12	M20	24	24	26	24	234	246	62	44	11.16	9.92	9.25	16.76
250	10	273	405	319	355	26	12	M24	26	26	28	26	288	298	70	46	15.99	13.59	13.05	24.33
300	12	323.9	460	370	410	26	12	M24	28	28	32	28	342	350	78	53	21.76	18.14	18.17	34.31
350	14	355.6	520	429	470	26	16	M24	30	30	35	30	390	400	82	57	32.10	28.30	27.2	47.08
400	16	406.4	580	480	525	30	16	M27	32	32	38	32	444	456	85	63	40.81	36.62	34.84	62.49
450	18	457	640	530	585	30	20	M27	34	34	42	36	490	502	87	68	56.60	49.61	45.15	95.59
500	20	508	715	582	650	33	20	M30	34	34	46	36	546	559	90	73	77.23	68.68	62.74	131.5
600	24	610	840	682	770	36	20	M33	36	36	52	44	650	658	95	83	90.60	107.4	94.29	224.5

注：1. 下标 1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）法兰；3—活套、平板法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-58 *PN*2.5MPa 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度				颈部直径		法兰高度		法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1	C_2	C_3	C_4	N_1	N_2	H_1	H_2	W_1	W_2	W_3	W_4
10	3/8	17.2	90	41	60	14	4	M12	14	14	14	14	28	30	35	22	0.59	0.56	0.53	0.56
15	1/2	21.3	95	46	65	14	4	M12	14	14	14	14	32	35	38	22	0.68	0.63	0.59	0.64
20	3/4	26.9	105	56	75	14	4	M12	16	16	16	16	40	45	40	26	0.97	0.93	0.85	0.92
25	1	33.7	115	65	85	14	4	M12	16	16	16	16	46	52	40	28	1.16	1.12	1.01	1.13
(32)	(1¼)	42.4	140	76	100	18	4	M16	18	18	18	18	56	60	42	30	1.89	1.79	1.67	1.88
40	1½	48.3	150	84	110	18	4	M16	18	18	18	18	64	70	45	32	2.20	2.12	1.91	2.18
50	2	60.3	165	99	125	18	4	M16	20	20	20	20	74	84	48	34	2.93	2.82	2.53	3.00
(65)	(2½)	76.1	185	118	145	18	8	M16	22	22	22	22	92	104	52	38	3.90	3.73	3.26	4.07
80	3	88.9	200	132	160	18	8	M16	24	24	24	24	110	118	58	40	5.08	4.64	4.08	5.29
100	4	114.3	235	156	190	22	8	M20	24	24	26	24	134	145	65	44	6.85	6.21	5.74	7.27
(125)	(5)	139.7	270	184	220	26	8	M24	26	26	28	26	162	170	68	48	9.29	8.40	7.78	10.40
150	6	168.1	300	211	250	26	8	M24	28	28	30	28	190	200	75	52	12.15	10.71	9.77	14.11
200	8	219.1	360	274	310	26	12	M24	30	30	32	30	244	256	80	52	16.84	15.06	13.72	21.90
250	10	273	425	330	370	30	12	M27	32	32	35	32	296	310	88	60	23.26	21.13	19.48	32.82
300	12	323.9	485	389	430	30	16	M27	34	34	38	34	350	364	92	67	30.76	28.18	25.86	45.53
350	14	355.6	555	448	490	33	16	M30	38	38	42	38	398	418	100	72	48.36	46.35	40.80	67.09
400	16	406.4	620	503	550	36	16	M33	40	40	46	40	452	472	110	78	63.11	59.42	54.02	88.46
450	18	457	670	548	600	36	20	M33	42	42	50	46	500	520	110	84	77	71.45	63.29	118.6
500	20	508	730	609	660	36	20	M33	44	44	56	48	558	580	125	90	98.21	89.36	82.56	148.6
600	24	610	845	720	770	39	20	M36	46	46	68	58	660	684	125	100	114.4	129.2	125.2	242.4

注：1. 下标 1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）法兰；3—活套、平板法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-59 *PN*4.0MPa 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度				颈部直径		法兰高度		法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1	C_2	C_3	C_4	N_1	N_2	H_1	H_2	W_1	W_2	W_3	W_4
10	3/8	17.2	90	41	60	14	4	M12	14	14	14	14	28	30	35	22	0.59	0.56	0.53	0.56
15	1/2	21.3	95	46	65	14	4	M12	14	14	14	14	32	35	38	22	0.68	0.63	0.59	0.64
20	3/4	26.9	105	56	75	14	4	M12	16	16	16	16	40	45	40	26	0.97	0.93	0.85	0.92
25	1	33.7	115	65	85	14	4	M12	16	16	16	16	46	52	40	28	1.16	1.12	1.01	1.13
(32)	(1¼)	42.4	140	76	100	18	4	M16	18	18	18	18	56	60	42	30	1.89	1.79	1.67	1.88
40	1½	48.3	150	84	110	18	4	M16	18	18	18	18	64	70	45	32	2.20	2.12	1.91	2.18
50	2	60.3	165	99	125	18	4	M16	20	20	20	20	74	84	48	34	2.93	2.82	2.53	3.00
(65)	(2½)	76.1	185	118	145	18	8	M16	22	22	22	22	92	104	52	38	3.9	3.73	3.26	4.07
80	3	88.9	200	132	160	18	8	M16	24	24	24	24	110	118	58	40	5.08	4.64	4.08	5.29
100	4	114.3	235	156	190	22	8	M20	24	24	26	24	134	145	65	44	6.85	6.21	5.74	7.27
(125)	(5)	139.7	270	184	220	26	8	M24	26	26	28	26	162	170	68	48	9.29	8.40	7.78	10.40
150	6	168.1	300	211	250	26	8	M24	28	28	30	28	190	200	75	52	12.15	10.71	9.77	14.11
200	8	219.1	375	284	320	30	12	M27	34	34	36	34	244	260	88	56	21.6	15.39	17.39	26.68
250	10	273	450	345	385	33	12	M30	38	38	42	38	306	318	105	64	35.76	22.54	28.48	43.60
300	12	323.9	515	409	450	33	16	M30	42	42	48	42	362	380	115	71	49.36	31.38	40.75	63.30
350	14	355.6	580	465	510	36	16	M33	46	46	55	46	408	432	125	78	71.35	48.50	62.18	88.45
400	16	406.4	660	535	585	39	16	M36	50	50	60	50	462	498	135	86	100.1	71.58	88.11	125.2
450	18	457	685	560	610	39	20	M36	57	57	66	57	500	522	135	94	107.4	83.00	90.16	152.7
500	20	508	755	615	670	42	20	M39	57	57	72	57	562	576	140	100	133.4	100.2	118.4	186.0
600	24	610	890	735	795	48	20	M45	72	72	84	72	666	686	150	106	214.3	201.8	187	328.6

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）法兰；3—活套、平板法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-60 *PN*6.3MPa 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径	法兰高度	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_4	N_1	H_1	W_1	W_4
10	3/8	17.2	100	41	70	14	4	M12	20	20	32	45	1.18	1.00
15	1/2	21.3	105	46	75	14	4	M12	20	20	34	45	1.30	1.22
20	3/4	26.9	130	56	90	18	4	M16	20	20	42	52	2.00	1.92
25	1	33.7	140	65	100	18	4	M16	24	24	52	58	2.79	2.65
(32)	(1¼)	42.4	155	76	110	22	4	M20	24	24	60	60	3.38	3.24
40	(1½)	48.3	170	84	125	22	4	M20	26	26	70	62	4.40	4.09
50	2	60.3	180	99	135	22	4	M20	26	26	82	62	4.86	4.51
(65)	(2½)	76.1	205	118	160	22	8	M20	26	26	98	68	5.92	5.71
80	3	88.9	215	132	170	22	8	M20	28	28	112	72	6.93	6.92
100	4	114.3	250	156	200	26	8	M24	30	30	138	78	9.98	10.10
(125)	(5)	139.7	295	184	240	30	8	M27	34	34	168	88	15.6	16.0
150	6	168.1	345	211	280	33	8	M30	36	36	202	95	23.0	23.5
200	8	219.1	415	284	345	36	12	M33	42	42	256	110	35.0	39.7
250	10	273	470	345	400	36	12	M33	46	46	316	125	48.9	57.4
300	12	323.9	530	409	460	36	16	M33	52	52	372	140	68.3	81
350	14	355.6	600	465	525	39	16	M36	56	56	420	150	95.4	114
400	16	406.4	670	535	585	42	16	M39	60	60	475	160	141.3	153

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-61 *PN*10.0MPa 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径	法兰高度	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_4	N_1	H_1	W_1	W_4
10	3/8	17.2	100	41	70	14	4	M12	20	20	32	45	1.18	1.00
15	1/2	21.3	105	46	75	14	4	M12	20	20	34	45	1.30	1.22
20	3/4	26.9	130	56	90	18	4	M16	20	20	42	52	2.00	1.92
25	1	33.7	140	65	100	18	4	M16	24	24	52	58	2.79	2.65
(32)	(1¼)	42.4	155	76	110	22	4	M20	24	24	60	60	3.38	3.24
40	1½	48.3	170	84	125	22	4	M20	26	26	70	62	4.40	4.09
50	2	60.3	195	99	145	26	4	M24	28	28	90	68	6.24	5.84
(65)	(2½)	76.1	220	118	170	26	8	M24	30	30	108	76	7.95	8.03
80	3	88.9	230	132	180	26	8	M24	32	32	120	78	9.10	9.43
100	4	114.3	265	156	210	30	8	M27	36	36	150	90	13.9	14.3
(125)	(5)	139.7	315	184	250	33	8	M30	40	40	180	105	22.3	22.6
150	6	168.1	355	211	290	33	12	M30	44	44	210	115	30.1	31.8
200	8	219.1	430	284	360	36	12	M33	52	52	278	130	51.0	56.1
250	10	273	505	345	430	39	12	M36	60	60	340	157	82.2	89.6
300	12	323.9	585	409	500	42	16	M39	68	68	400	170	119.4	119
350	14	355.6	655	465	560	48	16	M45	74	74	460	189	166.2	175
400	16	406.4	715	535	620	48	16	M45	82	82	510	205	214.5	239.7

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-62 *PN*16.0 法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径	法兰高度	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_4	N_1	H_1	W_1	W_4
10	3/8	17.2	100	41	70	14	4	M12	24	24	32	45	1.39	1.36
15	1/2	21.3	105	46	75	14	4	M12	26	26	34	45	1.65	1.64
20	3/4	26.9	130	56	90	18	4	M16	30	30	42	52	2.90	2.88
25	1	33.7	140	65	100	18	4	M16	32	32	52	58	3.61	3.61
(32)	(1¼)	42.4	155	76	110	22	4	M20	34	34	60	60	4.60	4.63
40	1½	48.3	170	84	125	22	4	M20	36	36	70	64	5.92	5.98
50	2	60.3	195	99	145	26	4	M24	38	38	90	75	8.28	8.27
(65)	(2½)	76.1	220	118	170	26	8	M24	42	42	108	82	10.8	11.10
80	3	88.9	230	132	180	26	8	M24	46	46	120	86	12.9	13.5
100	4	114.3	265	156	210	30	8	M27	52	52	150	100	19.6	20.2
(125)	(5)	139.7	315	184	250	33	8	M30	56	56	180	115	30.6	31.2
150	6	168.1	355	211	290	3.3	12	M30	62	62	210	128	42.2	43.2
200	8	219.1	430	284	360	36	12	M33	66	66	278	140	65.6	68.9
250	10	273	515	345	430	42	12	M39	76	76	340	155	106.4	114.3
300	12	323.9	585	409	500	42	16	M39	88	88	400	175	153.2	170.3

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

2.4.2 美洲体系管法兰

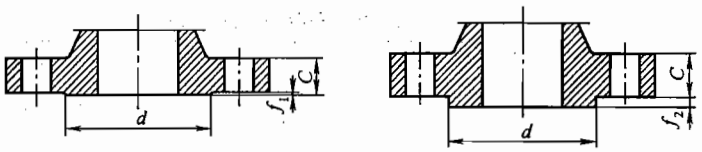
(1) 密封面型式和代号（见图 27-10～图27-12）

(2) 密封面尺寸（见表 27-63～表 27-66，图 27-10～图 27-12）

(3) 法兰尺寸（见表 27-67～表 27-71）

(4) 大直径法兰（见表 27-72～表 27-80）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



$PN \leqslant 0.5$MPa(Class 300)　　$PN \geqslant 11.0$MPa(Class 600)

图 27-10 突面（RF）法兰的密封面尺寸

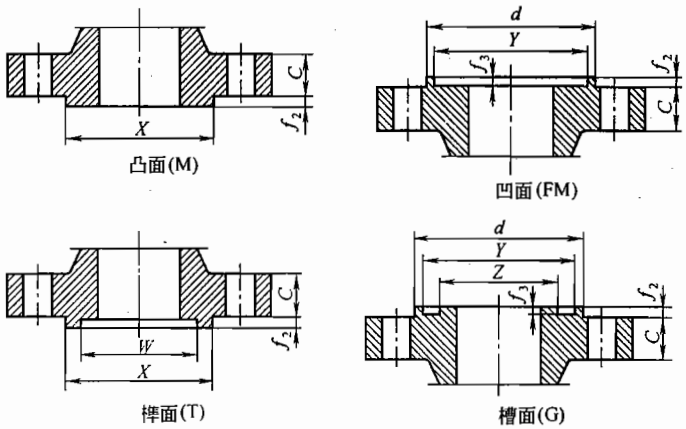


图 27-11 $PN \geqslant 5.0$MPa（Class 300）凹凸面（MFM）、榫槽面（TG）法兰的密封面尺寸

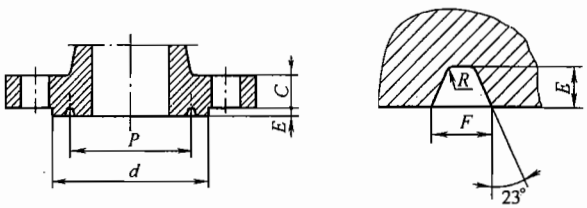


图 27-12 环连接面（RJ）法兰的密封面尺寸

表 27-63 $DN \leqslant 600$mm 突面法兰的密封面尺寸　　/mm

公称直径		突台外径	突台高度	
NPS	DN	d	f_1	f_2
			$PN \leqslant 5.0$MPa(Class 300)	$PN \geqslant 11.0$MPa(Class 600)
1/2	15	35	1.6	6.4
3/4	20	43		
1	25	51		
1¼	32	63.5		
1½	40	73		
2	50	92		
2½	65	105		
3	80	127		
4	100	157.5		
5	125	186		
6	150	216		
8	200	270		
10	250	324		
12	300	381		
14	350	413		
16	400	470		
18	450	533.5		
20	500	584		
22	550	641		
24	600	692		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-64 大直径突面法兰的密封面尺寸 /mm

公称直径		公称压力 PN/MPa				突台高度	
NPS	DN	2.0 (Class 150)	5.0 (Class 300)	11.0 (Class 600)	15.0 (Class 900)	PN≤5.0MPa (Class 300)	PN≥11.0MPa (Class 600)
		突台外径 d				f_1	f_2
26	650	711	737	727	762		
28	700	762	787	784	819		
30	750	813	845	841	876		
32	800	864	902	895	927		
34	850	921	953	953	991		
36	900	972	1010	1010	1029		
38	950	1022	1060				
40	1000	1080	1114				
42	1050	1130	1168			1.6	6.4
44	1100	1181	1219				
46	1150	1235	1270				
48	1200	1289	1327				
50	1250	1340	1378				
52	1300	1391	1429				
54	1350	1441	1480				
56	1400	1492	1537				
58	1450	1543	1594				
60	1500	1600	1651				

表 27-65 PN≥5.0MPa (Class 300) 凹凸面 (MFM)、榫槽面 (TG) 法兰密封面尺寸 /mm

公称直径		d	W	X	Y	Z	f_2	f_3
NPS	DN							
1/2	15	46	25.5	35	36.5	24		
3/4	20	54	33.5	43	44.5	32		
1	25	62	38	51	52.5	36.5		
1¼	32	75	47.5	63.5	65	46		
1½	40	84	54	73	74.5	52.5		
2	50	103	73	92	93.5	71.5		
2½	65	116	85.5	105	106.5	84		
3	80	138	108	127	128.5	106.5		
4	100	168	132	157.5	159	130.5		
5	125	197	160.5	186	187.5	159	6.4	5
6	150	227	190.5	216	217.5	189		
8	200	281	238	270	271.5	236.5		
10	250	335	285.5	324	325.5	284		
12	300	392	343	381	382.5	341.5		
14	350	424	374.5	413	414.5	373		
16	400	481	425.5	470	471.5	424		
18	450	544	489	533.5	535	487.5		
20	500	595	533.5	584.5	586	532		
24	600	703	641.5	692	693.5	640		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-66 环连接面尺寸 /mm

公称直径		PN2.0MPa(Class 150)						PN5.0MPa(Class 300)和 PN11.0MPa(Class 600)					
NPS	DN	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}
1/2	15							R11	51	34.14	5.56	7.14	0.8
3/4	20							R13	63.5	42.88	6.35	8.74	0.8
1	25	R15	63.5	47.62	6.35	8.74	0.8	R16	70	50.8	6.35	8.74	0.8
1¼	32	R17	73	57.15	6.35	8.74	0.8	R18	79.5	60.32	6.35	8.74	0.8
1½	40	R19	82.5	65.07	6.35	8.74	0.8	R20	90.5	68.27	6.35	8.74	0.8
2	50	R22	102	82.55	6.35	8.74	0.8	R23	108	82.55	7.92	11.91	0.8
2½	65	R25	121	101.6	6.35	8.74	0.8	R26	127	101.6	7.92	11.91	0.8
3	80	R29	133	114.3	6.35	8.74	0.8	R31	146	123.82	7.92	11.91	0.8
4	100	R36	171	149.22	6.35	8.74	0.8	R37	175	149.22	7.92	11.91	0.8
5	125	R40	194	171.45	6.35	8.74	0.8	R41	210	180.98	7.92	11.91	0.8
6	150	R43	219	193.68	6.35	8.74	0.8	R45	241	211.12	7.92	11.91	0.8
8	200	R48	273	247.65	6.35	8.74	0.8	R49	302	269.88	7.92	11.91	0.8
10	250	R52	330	304.8	6.35	8.74	0.8	R53	356	323.85	7.92	11.91	0.8
12	300	R56	406	381	6.35	8.74	0.8	R57	413	381	7.92	11.91	0.8
14	350	R59	425	396.88	6.35	8.74	0.8	R61	457	419.1	7.92	11.91	0.8
16	400	R64	483	454.03	6.35	8.74	0.8	R65	508	469.9	7.92	11.91	0.8
18	450	R68	546	517.53	6.35	8.74	0.8	R69	575	533.4	7.92	11.91	0.8
20	500	R72	597	558.8	6.35	8.74	0.8	R73	635	584.2	9.52	13.49	1.5
22	550							R81	686	635	11.13	15.09	1.5
24	600	R76	744	673.1	6.35	8.74	0.8	R77	749	692.15	11.13	16.66	1.5

公称直径		PN15.0MPa(Class 900)						PN26.0MPa(Class 1500)					
NPS	DN	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}
1/2	15	R12	60.5	39.67	6.35	8.74	0.8	R12	60.5	39.67	6.35	8.74	0.8
3/4	20	R14	66.5	44.45	6.35	8.74	0.8	R14	66.5	44.45	6.35	8.74	0.8
1	25	R16	71.5	50.8	6.35	8.74	0.8	R16	71.5	50.8	6.35	8.74	0.8
1¼	32	R18	81	60.32	6.35	8.74	0.8	R18	81	60.32	6.35	8.74	0.8
1½	40	R20	92	68.27	6.35	8.74	0.8	R20	92	68.27	6.35	8.74	0.8
2	50	R24	124	95.25	7.92	11.91	0.8	R24	124	95.25	7.92	11.91	0.8
2½	65	R27	137	107.95	7.92	11.91	0.8	R27	137	107.95	7.92	11.91	0.8
3	80	R31	156	123.82	7.92	11.91	0.8	R35	168	136.52	7.92	11.91	0.8
4	100	R37	181	149.22	7.92	11.91	0.8	R39	194	161.92	7.92	11.91	0.8
5	125	R41	216	180.98	7.92	11.91	0.8	R44	229	193.68	7.92	11.91	0.8
6	150	R45	241	211.12	7.92	11.91	0.8	R46	248	211.12	9.52	13.49	1.5
8	200	R49	308	269.88	7.92	11.91	0.8	R50	318	269.88	11.13	16.66	1.5
10	250	R53	362	323.85	7.92	11.91	0.8	R54	371	323.85	11.13	16.66	1.5
12	300	R57	419	381	7.92	11.91	0.8	R58	438	381	14.27	23.01	1.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		PN15.0MPa(Class 900)						PN26.0MPa(Class 1500)					
NPS	DN	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}
14	350	R62	467	419.1	11.13	16.66	1.5	R63	489	419.1	15.88	26.97	2.4
16	400	R66	524	469.9	11.13	16.66	1.5	R67	546	469.9	17.48	30.18	2.4
18	450	R70	594	533.4	12.7	19.84	1.5	R71	613	533.4	17.48	30.18	2.4
20	500	R74	648	584.2	12.7	19.84	1.5	R75	673	584.2	17.48	33.32	2.4
24	600	R78	772	692.15	15.88	26.97	2.4	R79	794	692.15	20.62	36.53	2.4

公称直径		PN42.0MPa(Class 2500)					
NPS	DN	环号	d_{min}	P	E	F	R_{max}
1/2	15	R13	65	42.88	6.35	8.74	0.8
3/4	20	R16	73	50.8	6.35	8.74	0.8
1	25	R18	82.5	60.32	6.35	8.74	0.8
1¼	32	R21	102	72.24	7.92	11.91	0.8
1½	40	R23	114	82.55	7.92	11.91	0.8
2	50	R26	133	101.6	7.92	11.91	0.8
2½	65	R28	149	111.12	9.52	13.49	1.5
3	80	R32	168	127	9.52	13.49	1.5
4	100	R38	203	157.18	11.13	16.66	1.5
5	125	R42	241	190.5	12.7	19.84	1.5
6	150	R47	279	228.6	12.7	19.84	1.5
8	200	R51	340	279.4	14.27	23.01	1.5
10	250	R55	425	342.9	17.48	30.18	2.4
12	300	R60	495	406.4	17.48	33.32	2.4

表 27-67 美洲体系 PN2.0MPa（ASME B16.5Class 150）法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度	颈部直径	法兰高度			法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1	N	H_1	H_2	H_3	W_1	W_2	W_3	W_4
15	1/2	21.3	90	35	60.5	16	4	M14	11.5	30	48	16	16	0.54	0.42	0.53	0.43
20	3/4	26.9	100	43	70	16	4	M14	13	38	52	16	16	0.78	0.60	0.73	0.63
25	1	33.7	110	51	79.5	16	4	M14	14.5	49	56	17	17	1.12	0.83	0.89	0.89
(32)	(1¼)	42.4	120	63.5	89	16	4	M14	16	59	57	21	21	1.46	1.12	1.17	1.20
40	1½	48.3	130	73	98.5	16	4	M14	17.5	65	62	22	22	1.86	1.43	1.48	1.58
50	2	60.3	150	92	120.5	18	4	M16	19.5	78	64	25	25	2.69	2.07	2.10	2.39
(65)	(2½)	76.1	180	105	139.5	18	4	M16	22.5	90	70	29	29	4.40	3.53	3.56	4.07
80	3	88.9	190	127	152.5	18	4	M16	24	108	70	30	30	5.11	4.01	3.96	4.92
(90)	(3½)	101.6	216	140	178	18	8	M16	24	122	71	32	32	5.45	4.99	4.99	5.90
100	4	114.3	230	157.5	190.5	18	8	M16	24	135	76	33	33	7.29	5.40	5.57	7.13
(125)	(5)	139.7	255	186	216	22	8	M20	24	164	89	36	36	9.43	6.29	6.33	9.31
150	6	168.1	280	216	241.5	22	8	M20	25.5	192	89	40	40	11.59	7.82	7.67	11.70
200	8	219.1	345	270	298.5	22	8	M20	29	246	102	44	44	19.17	12.75	12.67	20.46
250	10	273	405	324	362	26	12	M24	30.5	305	102	49	49	25.67	16.78	16.56	29.19

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度	颈部直径	法兰高度			法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1	N	H_1	H_2	H_3	W_1	W_2	W_3	W_4
300	12	323.9	485	381	432	26	12	M24	32	365	114	56	56	38.99	26.91	27.20	44.11
350	14	355.6	535	413	476	29.5	12	M27	35	400	127	57	79	53.30	35.24	39.29	58.83
400	16	406.4	600	470	540	29.5	16	M27	37	457	127	64	87	68.50	46.46	52.00	78.19
450	18	457	635	533.5	578	32.5	16	M30	40	505	140	68	97	79.99	49.26	56.21	94.72
500	20	508	700	584	635	32.5	20	M30	43	559	145	73	103	101.0	62.94	73.40	123.6
(550)	(22)	559	750	641	692	35.5	20	M33	46	610	149	—	—	113.5	—	—	150.7
600	24	610	815	692	749.5	35.5	20	M33	48	664	152	83	111	139.0	88.11	99.83	187.1

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）、承插（SW）法兰；3—活套法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-68　美洲体系 *PN*5.0MPa（ASME B16.5 Class 300）法兰尺寸　/mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		孔板法兰孔径	颈部直径	法兰高度				法兰近似质量/kg			
DN	NPS								C_1～C_4	C_0	TT	N	H_0	H_1	H_2	H_3	W_1	W_2	W_3	W_4
15	1/2	21.3	96	35	66.5	16	4	M14	14.5	—		38	—	52	22	22	0.80	0.64	0.71	0.63
20	3/4	26.9	120	43	82.5	18	4	M16	16	—		48	—	57	25	25	1.41	1.15	1.26	1.15
25	1	33.7	125	51	89	18	4	M16	175	38	6.35	54	82.5	62	27	27	1.72	1.37	1.47	1.40
(32)	(1¼)	42.4	135	63.5	98.5	18	4	M16	19.5	—	—	64	—	65	27	27	2.25	1.76	1.86	1.88
40	1½	48.3	155	73	114.5	22	4	M20	21	38	6.35	70	85	68	30	30	3.11	2.53	2.65	2.65
50	2	60.3	165	92	127	18	8	M16	22.5	38	6.35	84	85	70	33	33	3.79	2.91	2.98	3.38
(65)	(2½)	76.1	190	105	149	22	8	M20	25.5	38	6.35	100	89	76	38	38	5.74	4.43	4.47	5.09
80	3	88.9	210	127	168.5	22	8	M20	29	38	9.53	118	89	79	43	43	7.74	6.16	6.14	7.22
(90)	(3½)	101.6	229	140	184	22	8	M20	30	—	—	140	—	81	45	45	9.10	7.72	7.26	9.53
100	4	114.3	255	157.5	200	22	8	M20	32	38	12.7	146	92	86	48	48	12.00	9.74	10.05	11.62
(125)	(5)	139.7	280	186	235	22	8	M20	35	—	—	178	—	98	51	51	16.05	12.39	12.56	15.76
150	6	168.1	320	216	270	22	12	M20	37	38	12.7	206	100	98	52	52	21.29	16.76	16.42	22.16
200	8	219.1	380	270	330	26	12	M24	41.5	41.5	12.7	260	111	111	62	62	32.20	24.93	24.42	35.14
250	10	273	445	324	387.5	29.5	16	M27	48	48	12.7	321	117	117	67	95	47.01	35.59	38.85	54.99
300	12	323.9	520	381	451	32.5	16	M30	51	51	12.7	375	130	130	73	102	66.64	50.91	55.75	79.96
350	14	355.6	585	413	514.5	32.5	20	M30	54	54	12.7	426	143	143	76	111	95.69	72.60	81.00	108.4
400	16	406.4	650	470	571.5	35.5	20	M33	57.5	57.5	12.7	483	146	146	83	121	121.0	91.63	104.90	141.2
450	18	457	710	533.5	628.5	35.5	24	M33	60.5	60.5	12.7	533	159	159	89	130	150.2	111.6	128.6	178.8
500	20	508	775	584	686	35.5	24	M33	63.5	63.5	12.7	587	162	162	95	140	181.6	136.0	156.0	223.3
(550)	(22)	559	840	641	743	42	24	M39	66.5	—	—	640	—	165	—	—	199.4	—	—	268.7
600	24	610	915	692	813	42	24	M39	70	70	12.7	702	168	168	104	152	265.0	202.1	235.1	342.1

注：1. 下标：0—孔板法兰（对焊）；1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、螺纹（Th）、承插（SW）法兰；3—活套法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-69 美洲体系 *PN*11.0MPa（ASME B16.5 Class 600）法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		孔板法兰孔径	颈部直径	法兰高度				法兰近似质量/kg			
DN	NPS								$C_1 \sim C_4$	C_0	TT	N	H_0	H_1	H_2	H_3	W_1	W_2	W_3	W_4
15	1/2	21.3	96	35	66.5	16	4	M14	14.5	—		38	—	52	22	22	0.87	0.75	0.71	0.77
20	3/4	26.9	120	43	82.5	18	4	M16	16	—		48	—	57	25	25	1.53	1.35	1.30	1.37
25	1	33.7	125	51	89	18	4	M16	17.5	38	6.35	54	82.5	62	27	27	1.86	1.58	1.51	1.66
(32)	(1¼)	42.4	135	63.5	98.5	18	4	M16	21	—	—	64	—	67	29	29	2.57	2.15	2.06	2.37
40	1½	48.3	155	73	114.5	22	4	M20	22.5	38	6.35	70	85	70	32	32	3.48	2.99	2.86	3.29
50	2	60.3	165	92	127	18	8	M16	25.5	38	6.35	84	85	73	37	37	4.35	3.71	3.48	4.24
(65)	(2½)	76.1	190	105	149	22	8	M20	29	38	6.35	100	89	79	41	41	6.39	5.20	5.06	6.24
80	3	88.9	210	127	168.5	22	8	M20	32	38	9.53	117	89	83	46	46	8.49	7.13	6.74	8.63
(90)	(3½)	101.6	229	140	184	26	8	M24	35	—	—	133	—	86	49	49	11.80	9.53	9.08	13.17
100	4	114.3	275	157.5	216	26	8	M24	38.5	38	12.7	152	102	102	54	54	17.46	14.89	14.32	17.74
(125)	(5)	139.7	330	186	267	29.5	8	M27	44.5	—	—	189	—	114	60	60	28.68	24.89	23.60	29.98
150	6	168.1	355	216	292	29.5	12	M27	48	48	12.7	222	117	117	67	67	33.96	29.96	27.83	37.35
200	8	219.1	420	270	349	32.5	12	M30	55.5	55.5	12.7	273	133	133	76	76	52.23	44.87	42.04	60.55
250	10	273	510	324	432	35.5	16	M33	63.5	63.5	12.7	343	152	152	86	111	86.02	72.84	75.69	100.2
300	12	323.9	560	381	489	35.5	20	M33	67	67	12.7	400	156	156	92	117	102.9	85.89	90.85	126.5
350	14	355.6	605	413	527	39	20	M36	70	70	12.7	432	165	165	94	127	124.0	101.7	108.9	154.3
400	16	406.4	685	470	603	42	20	M39	76.5	76.5	12.7	495	178	178	106	140	174.9	144.1	154.8	216.9
450	18	457	745	533.5	654	45	20	M42	83	83	12.7	546	184	184	117	152	214.4	177.4	218.5	278
500	20	508	815	584	724	45	24	M42	89	89	12.7	610	190	190	127	165	288.9	225.3	275.7	355.5
(550)	(22)	559	870	641	778	48	24	M45	95	—	—	665	—	197	—	—	356.5	--	—	428.5
600	24	610	940	692	838	51	24	M48	102	102	12.7	718	203	203	140	184	380.8	314.0	346.6	537.1

注：1. 下标：0—孔板法兰（对焊）；1—对焊法兰（WN）；2—带颈平焊（SO）、承插（SW）法兰；3—活套法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-70 美洲体系 *PN*15.0MPa（ASME B16.5 Class 900）法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		孔板法兰孔径	颈部直径	法兰高度			法兰近似质量/kg		
DN	NPS								$C_1 \sim C_4$	C_0	TT	N	H_0	H_1	H_2	W_1	W_2	W_4
15	1/2	21.3	120	35	82.5	22	4	M20	22.5	—		38	—	60	32	1.87	1.75	1.78
20	3/4	26.9	130	43	89	22	4	M20	25.5	—		44	—	70	35	2.55	2.35	2.43
25	1	33.7	150	51	101.5	26	4	M24	29	38	6.35	52	82.5	73	41	3.78	3.50	3.65
(30)	(1¼)	42.4	160	63.5	111	26	4	M24	29	—	—	64	—	73	41	4.39	4.01	4.27
40	1½	48.3	180	73	124	29.5	4	M27	32	38	6.35	70	89	83	44	6.06	5.52	5.94
50	2	60.3	215	92	165	26	8	M24	38.5	38	6.35	105	102	102	57	10.80	9.81	10.05
(65)	(2½)	76.1	245	105	190.5	29.5	8	M27	41.5	41.5	6.35	124	105	105	64	14.07	13.5	14.05
80	3	88.9	240	127	190.5	26	8	M24	38.5	38	9.53	127	102	102	54	13.44	11.5	18.09
100	4	114.3	290	157.5	235	32.5	8	M30	44.5	44.5	12.7	159	114	114	—	21.81	—	21.83
(125)	(5)	139.7	350	186	279.5	35.5	8	M33	51	—	—	190	—	127	—	35.92	—	37.36
150	6	168.1	380	216	317.5	32.5	12	M30	56	56	12.7	235	140	140	—	46.70	—	48.63
200	8	219.1	470	270	393.5	39	12	M36	63.5	63.5	12.7	298	162	162	—	86.91	—	91.0
250	10	273	545	324	470	39	16	M36	70	70	12.7	368	184	184	—	117.4	—	124
300	12	323.9	610	381	533.5	39	20	M36	79.5	79.5	12.7	419	200	200	—	156.6	—	174.8
350	14	355.6	640	413	559	42	20	M39	86	86	12.7	451	213	213	—	181.2	—	208
400	16	406.4	705	470	616	45	20	M42	89	89	12.7	508	216	216	—	223.3	—	262.8
450	18	457	785	533.5	686	51	20	M48	102	102	12.7	565	229	229	—	302.7	—	369.6
500	20	508	855	584	749.5	55	20	M52	108	108	12.7	672	248	248	—	378.6	—	464.2
600	24	610	1040	692	901.5	68	20	M64	140	140	12.7	749	267	267	--	674.2	—	874.5

注：1. 下标：0—孔板法兰（对焊）；1—对焊法兰（WN）；2—承插（SW）法兰；3—活套法兰；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-71 美洲体系 *PN*26.0MPa（ASME B16.5 Class 1500）法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		孔板法兰孔径	颈部直径	法兰高度		法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1、C_4	C_0	TT	N	H_1	H_0	W_1	W_4
15	1/2	21.3	120	35	82.5	22	4	M20	22.5	—		38	60	—	1.87	1.78
20	3/4	26.9	130	43	89	22	4	M20	25.5	—		44	70	—	2.55	2.43
25	1	33.7	150	51	101.5	26	4	M24	29	38	6.35	52	73	82.5	3.78	3.65
(32)	(1¼)	42.4	160	63.5	111	26	4	M24	29	—	—	64	73	—	4.39	4.27
40	1½	48.3	180	73	124	29.5	4	M27	32	38	6.35	70	83	89	6.06	5.94
50	2	60.3	215	92	165	26	8	M24	38.5	38	6.35	105	102	102	10.80	5.94
(65)	(2½)	76.1	245	105	190.5	29.5	8	M27	41.5	41.5	6.35	124	105	105	14.07	10.05
80	3	88.9	265	127	203	32.5	8	M30	48	48	9.53	133	117	117	14.82	18.98
100	4	114.3	310	157.5	241.5	35.5	8	M33	54	54	12.7	162	124	124	22.55	29.71
(125)	(5)	139.7	375	186	292	42	8	M39	73.5	—	—	197	155	—	44.61	58.82
150	6	168.1	395	216	317.5	39	12	M36	83	83	12.7	229	171	171	50.60	72.50
200	8	219.1	485	270	393.5	45	12	M42	92	92	12.7	292	213	213	82.93	122.8
250	10	273	585	324	482.5	51	12	M48	108	108	12.7	368	254	254	138.6	211.6
300	12	323.9	675	381	571.5	55	16	M52	124	124	12.7	451	283	283	195.6	317.6
350	14	355.6	750	413	635	60	16	M56	133.5	133.5	12.7	495	298	298	265.4	422.9
400	16	406.4	825	470	705	68	16	M64	146.5	146.5	12.7	552	311	311	339.1	557.5
450	18	457	915	533.5	774.5	74	16	M70	162	162	12.7	597	327	327	470.8	761
500	20	508	985	584	832	80	16	M76	178	178	12.7	641	356	356	590.1	967
600	24	610	1170	692	990.5	94	16	M90	203.5	203.5	12.7	762	406	406	949.3	1561

注：1. 下标：0—孔板法兰（对焊）；1—对焊法兰（WN）；4—法兰盖（BL）。

2. 表中括号内为不推荐使用的规格。

表 27-72 美洲体系 *PN*2.0MPa（ASME B16.47A Class 150）大直径法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_2			W_1	W_2
650	26	660	870	749	806	36	24	M33(1¼)	68.5	68.5	675	121	—	—
700	28	711	925	800	863	36	28	M33(1¼)	71.5	71.5	725	125	—	—
750	30	762	985	857	914	36	28	M33(1¼)	74.5	74.5	780	137	—	—
800	32	813	1060	914	978	42	28	M39(1½)	81	81	830	144	—	—
850	34	864	1110	965	1029	42	32	M39(1½)	82.5	82.5	880	149	—	—
900	36	914	1170	1022	1086	42	32	M39(1½)	90.5	90.5	935	157	—	—
950	38	965	1240	1073	1150	42	32	M39(1½)	87.5	87.5	990	157	—	—
1000	40	1016	1290	1124	1200	42	36	M39(1½)	90.5	90.5	1040	164	—	—
1050	42	1067	1345	1194	1257	42	36	M39(1½)	97	97	1090	171	—	—
1100	44	1118	1405	1245	1314	42	40	M39(1½)	102	102	1145	178	—	—
1150	46	1168	1455	1295	1365	42	40	M39(1½)	103	103	1195	186	—	—
1200	48	1217	1510	1359	1422	42	44	M39(1½)	108	108	1250	192	—	—
1250	50	1270	1570	1410	1480	48	44	M45(1¾)	111	111	1300	203	—	—
1300	52	1321	1625	1460	1537	48	44	M45(1¾)	116	116	1355	210	—	—
1350	54	1372	1685	1511	1594	48	44	M45(1¾)	121	121	1405	216	—	—
1400	56	1422	1745	1575	1651	48	48	M45(1¾)	124	124	1455	229	—	—
1450	58	1473	1805	1626	1708	48	48	M45(1¾)	129	129	1510	235	—	—
1500	60	1524	1855	1676	1759	48	52	M45(1¾)	132	132	1560	240	—	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—法兰盖（BL）。

2. 表中螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-73 美洲体系 *PN*5.0MPa（ASME B16.47A Class 300）大直径法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_2			W_1	W_2
650	26	660	970	749	876	45	28	M42(1⅝)	79.5	84	720	184	—	—
700	28	711	1035	800	940	45	28	M42(1⅝)	85.5	90.5	775	197	—	—
750	30	762	1090	857	997	48	28	M45(1¾)	92	95	825	210	—	—
800	32	813	1150	914	1054	51	28	M48(1⅞)	98.5	100	880	222	—	—
850	34	864	1205	965	1105	51	28	M48(1⅞)	102	105	935	232	—	—
900	36	914	1270	1022	1168	55	32	M52(2)	105	111	990	241	—	—
950	38	965	1170	1029	1092	42	32	M39(1½)	108	108	995	181	—	—
1000	40	1016	1240	1086	1156	45	32	M42(1⅝)	114	114	1050	194	—	—
1050	42	1067	1290	1137	1206	45	32	M42(1⅝)	119	119	1100	200	—	—
1100	44	1118	1355	1194	1264	48	32	M45(1¾)	124	124	1150	206	—	—
1150	46	1168	1415	1245	1321	51	28	M48(1⅞)	129	129	1205	216	—	—
1200	48	1217	1465	1308	1372	51	32	M48(1⅞)	133	133	1255	224	—	—
1250	50	1270	1530	1359	1429	55	32	M52(2)	140	140	1305	232	—	—
1300	52	1321	1580	1410	1480	55	32	M52(2)	144	144	1355	238	—	—
1350	54	1372	1660	1467	1549	60	28	M56(2¼)	152	152	1410	252	—	—
1400	56	1422	1710	1518	1600	60	28	M56(2¼)	154	154	1465	260	—	—
1450	58	1473	1760	1575	1651	60	32	M56(2¼)	159	159	1515	267	—	—
1500	60	1524	1810	1626	1702	60	32	M56(2¼)	164	164	1565	273	—	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—法兰盖（BL）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

表 27-74 美洲体系 *PN*11.0MPa（ASME B16.47A Class 600）大直径法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_2			W_1	W_2
650	26	660	1015	749	914	51	28	M48(1⅞)	108	125	750	222	—	—
700	28	711	1075	800	965	55	28	M52(2)	111	132	805	235	—	—
750	30	762	1130	857	1022	55	28	M52(2)	114	140	860	248	—	—
800	32	813	1195	914	1080	60	28	M56(2¼)	117	148	920	260	—	—
850	34	864	1245	965	1130	60	28	M56(2¼)	121	154	975	270	—	—
900	36	914	1315	1022	1194	68	28	M64(2½)	124	162	1030	283	—	—
950	38	965	1270	1054	1162	60	28	M56(2¼)	152	156	1020	254	—	—
1000	40	1016	1320	1111	1213	60	32	M56(2¼)	159	162	1075	264	—	—
1050	42	1067	1405	1168	1283	68	28	M64(2½)	168	171	1125	279	—	—
1100	44	1118	1455	1226	1334	68	32	M64(2½)	173	178	1180	289	—	—
1150	46	1168	1510	1276	1391	68	32	M64(2½)	179	186	1235	300	—	—
1200	48	1217	1595	1334	1460	74	32	M70(2¾)	189	195	1290	316	—	—
1250	50	1270	1670	1384	1524	80	28	M76(3)	197	203	1345	329	—	—
1300	52	1321	1720	1435	1575	80	32	M76(3)	203	210	1395	337	—	—
1350	54	1372	1780	1492	1632	80	32	M76(3)	210	217	1450	349	—	—
1400	56	1422	1855	1543	1695	86	32	M82(3¼)	217	225	1500	362	—	—
1450	58	1473	1905	1600	1746	86	32	M82(3¼)	222	232	1555	370	—	—
1500	60	1524	1995	1657	1822	94	28	M90(3½)	233	243	1610	389	—	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—法兰盖（BL）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-75　美洲体系 *PN*15.0MPa（ASME B16.47A Class 900）大直径法兰尺寸　/mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度		颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg	
DN	NPS								C_1	C_2			W_1	W_2
650	26	660	1085	749	952	74	20	M70(2¾)	140	160	775	286	—	—
700	28	711	1170	800	1022	80	20	M76(3)	143	171	830	298	—	—
750	30	762	1230	857	1086	80	20	M76(3)	149	183	890	311	—	—
800	32	813	1315	914	1156	86	20	M82(3¼)	159	194	945	330	—	—
850	34	864	1395	965	1226	94	20	M90(3½)	165	205	1005	349	—	—
900	36	914	1460	1022	1289	94	20	M90(3½)	171	214	1065	362	—	—
950	38	965	1460	1099	1289	94	20	M90(3½)	190	216	1075	352	—	—
1000	40	1016	1510	1162	1340	94	24	M90(3½)	197	224	1125	364	—	—
1050	42	1067	1560	1213	1391	94	24	M90(3½)	206	232	1175	371	—	—
1100	44	1118	1650	1270	1464	99	24	M95(3¾)	214	243	1235	391	—	—
1150	46	1168	1735	1334	1537	105	24	M100(4)	225	256	1290	411	—	—
1200	48	1217	1785	1384	1588	105	24	M100(4)	233	264	1345	419	—	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—法兰盖（BL）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

表 27-76　美洲体系 *PN*1.0MPa（ASME B16.47 B Class 75）大直径法兰尺寸　/mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1～C_2	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg	
DN	NPS											W_1	W_2
650	26	660	762	705	724	18	36	M16(⅝)	33.5	684	59	29	—
700	28	711	813	756	775	18	40	M16(⅝)	33.5	735	62	31	—
750	30	762	864	806	826	18	44	M16(⅝)	33.5	787	65	35	—
800	32	813	914	857	876	18	48	M16(⅝)	35	840	70	48	—
850	34	864	965	908	927	18	52	M16(⅝)	35	892	73	50	—
900	36	914	1033	965	992	22	40	M20(¾)	36.5	945	86	62	—
950	38	965	1084	1016	1043	22	40	M20(¾)	38	997	89	70	—
1000	40	1016	1135	1067	1094	22	44	M20(¾)	38	1049	92	74	—
1050	42	1067	1186	1118	1145	22	48	M20(¾)	40	1102	95	77	—
1100	44	1118	1251	1175	1203	26	36	M24(⅞)	43	1153	105	82	—
1150	46	1168	1302	1226	1254	26	40	M24(⅞)	44.5	1205	108	105	—
1200	48	1217	1353	1276	1305	26	44	M24(⅞)	46	1257	111	120	—
1250	50	1270	1403	1327	1356	26	44	M24(⅞)	48	1308	116	120	—
1300	52	1321	1457	1378	1410	26	48	M24(⅞)	48	1370	121	120	—
1350	54	1372	1508	1429	1460	26	48	M24(⅞)	49	1413	125	180	—
1400	56	1422	1575	1486	1521	30	40	M27(1)	51	1465	135	180	—
1450	58	1473	1626	1537	1572	30	44	M27(1)	52.5	1516	138	180	—
1500	60	1524	1676	1588	1622	30	44	M27(1)	56	1570	145	210	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）；2—法兰盖（BL）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

表 27-77　美洲体系 *PN*2.0MPa（ASME B16.47B Class 150）大直径法兰尺寸　/mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg W_1
DN	NPS											
650	26	660	786	711	745	22	36	M20(¾)	41.5	684	89	52
700	28	711	837	762	795	22	40	M20(¾)	44.5	735	95	58
750	30	762	887	813	846	22	44	M20(¾)	44.5	787	100	65
800	32	813	941	864	900	22	48	M20(¾)	46	840	108	85
850	34	864	1005	921	957	26	40	M24(⅞)	49	892	110	100
900	36	914	1057	972	1010	26	44	M24(⅞)	52.5	945	117	115

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量/kg W_1
DN	NPS											
950	38	965	1124	1022	1070	30	40	M27(1)	54	997	124	135
1000	40	1016	1175	1080	1121	30	44	M27(1)	56	1049	129	150
1050	42	1067	1226	1130	1172	30	48	M27(1)	59	1102	133	165
1100	44	1118	1276	1181	1222	30	52	M27(1)	60	1153	137	200
1150	46	1168	1341	1235	1284	33	40	M30(1⅛)	62	1205	145	210
1200	48	1217	1392	1289	1335	33	44	M30(1⅛)	65	1257	149	240
1250	50	1270	1443	1340	1386	33	48	M30(1⅛)	68.5	1308	154	240
1300	52	1321	1494	1391	1437	33	52	M30(1⅛)	70	1370	157	240
1350	54	1372	1549	1441	1492	33	56	M30(1⅛)	71.5	1413	162	310
1400	56	1422	1600	1492	1543	33	60	M30(1⅛)	73	1465	167	310
1450	58	1473	1675	1543	1611	36	48	M33(1¼)	74.5	1516	175	310
1500	60	1524	1726	1600	1662	36	52	M33(1¼)	76.5	1570	179	410

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

表 27-78 美洲体系 *PN*5.0MPa（ASME B16.47B Class 300）大直径法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量 W_1/kg
DN	NPS											
650	26	660	867	737	803	36	32	M33(1¼)	89	702	144	200
700	28	711	921	787	857	36	36	M33(1¼)	89	756	149	210
750	30	762	991	845	921	39	36	M36(1⅜)	94	813	158	270
800	32	813	1054	902	978	42	32	M39(1½)	103	864	168	330
850	34	864	1108	953	1032	42	36	M39(1½)	103	918	173	360
900	36	914	1172	1010	1089	45	32	M42(1⅝)	103	965	181	410
950	38	965	1222	1060	1140	45	36	M42(1⅝)	111	1016	192	570
1000	40	1016	1273	1114	1191	45	40	M42(1⅝)	116	1067	198	660
1050	42	1067	1334	1165	1245	48	36	M45(1¾)	119	1118	205	720
1100	44	1118	1384	1219	1295	48	40	M45(1¾)	127	1173	214	800
1150	46	1168	1460	1270	1365	52	36	M48(1⅞)	128.5	1229	222	970
1200	48	1217	1511	1327	1416	52	40	M48(1⅞)	128.5	1278	224	990
1250	50	1270	1562	1378	1467	52	44	M48(1⅞)	138	1330	235	990
1300	52	1321	1613	1429	1518	52	48	M48(1⅞)	143	1383	243	990
1350	54	1372	1673	1480	1578	52	48	M48(1⅞)	146.5	1435	240	1160
1400	56	1422	1765	1537	1651	60	36	M56(2¼)	154	1494	268	1160
1450	58	1473	1827	1594	1713	60	40	M56(2¼)	154	1548	275	1160
1500	60	1524	1878	1651	1764	60	40	M56(2¼)	151	1599	272	1450

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

表 27-79 美洲体系 *PN*11.0MPa（ASME B16.47B Class 600）大直径法兰尺寸 /mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量 W_1/kg
DN	NPS											
650	26	660	889	727	806.5	45	28	M42(1⅝)	111	699	181	—
700	28	711	953	784	863.5	48	28	M45(1¾)	116	752	191	—
750	30	762	1022	841	927	52	28	M48(1⅞)	125	806	205	—
800	32	813	1086	895	984.5	56	28	M52(2)	130	860	216	—
850	34	864	1162	953	1054	60	24	M56(2¼)	141	914	233	—
900	36	914	1213	1010	1105	60	28	M56(2¼)	146	968	243	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号内的数值单位为英寸。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-80　美洲体系 *PN*15.0MPa（ASME B16.47B Class 900）大直径法兰尺寸　/mm

公称直径		钢管外径 A	法兰外径 D	突台直径 d	螺栓中心圆直径 K	螺栓孔直径 L	螺栓孔数/个	螺栓尺寸	法兰厚度 C_1	颈部直径 N	法兰高度 H	法兰近似质量 W_1/kg
DN	NPS											
650	26	660	1022	762	901.5	68	20	M64(2½)	135	743	259	—
700	28	711	1105	819	971.5	76	20	M72(2¾)	148	797	276	—
750	30	762	1181	876	1035	80	20	M76(3)	155	851	289	—
800	32	813	1238	927	1092	80	20	M76(3)	160	908	303	—
850	34	864	1314	991	1155.5	89	20	M85(3¼)	171	962	319	—
900	36	914	1346	1029	1200	80	24	M76(3)	173	1016	325	—

注：1. 下标：1—对焊法兰（WN）。

2. 表内螺栓尺寸栏中，括号中的数值单位为英寸。

2.4.3　法兰材料和标准（见表 27-81、表 27-82）

表 27-81　欧洲体系管法兰用材料和标准

类　别	钢　板		锻　件		铸　件		钢　管	
	钢　号	标准号	钢　号	标准号	钢　号	标准号	钢　号	标准号
Q235	Q235A Q235B	GB 3274 (GB 700)	—	—	—	—		
20	20	GB 711	20	JB 4726	WCA	ASTM 216, GB 12229		
	20R	GB 6654						
	09Mn2VDR 09MnNiDR	GB 3531	09Mn2VD 09MnNiD	JB 4727				
16Mn	16MnR	GB 6654	16Mn	JB 4726	ZG240/450AG ZG280/520G	GB/T 16253	—	—
					WCB WCC	ASTM A216 GB 12229		
	16MnDR	GB 3531	16MnD	JB 4727	LCC LCB	ASTM A352		
1Cr-0.5Mo	15CrMoR	GB 6654	15CrMo	JB 4726	ZG15Cr1Mo	GB/T 16253		
2¼Cr-1Mo			12Cr2Mol	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253		
5Cr-0.5Mo	—	—	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG	GB/T 16253		
304L	00Cr19Ni10	GB 4237	00Cr19Ni10	JB 4728	ZG03Cr18Ni10	GB/T 16253	00Cr19Ni10	GB/T 14976 HG 20537
					CF3	ASTM A351 GB 12230		
304	0Cr18Ni9		0Cr18Ni9		ZG07Cr20Ni10	GB/T 16253	0Cr18Ni9	
					CF8	ASTM A351 GB 12230		
321	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)		0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)		ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	
					CF8C	ASTM A351 GB 12230		
316L	00Cr17Ni 14Mo2		00Cr17Ni14Mo2		ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	00Cr17Ni14Mo2	
					CF3M	ASTM A351 GB 12230		
316	0Cr17Ni 12Mo2		0Cr17Ni12Mo2		ZG07Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	0Cr17Ni12Mo2	
					CF8M	ASTM A351 GB 12230		

注：1. 管法兰材料一般应采用锻制，不推荐用钢板或型钢制造，钢板仅可用于法兰盖、衬里法兰盖、板式平焊法兰、对焊环松套法兰和平焊环松套法兰。

2. 表列铸件仅适用于整体法兰，并不适用于带焊接的铸造法兰。

3. 表列钢管仅适用于采用钢管制造的奥氏体不锈钢对焊环。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-82 美洲体系管法兰用材料和标准

类别号	类别	钢板		锻件		铸件		钢管	
		钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号	钢号	标准号
1.0	Q235	Q235B	GB 3274 (GB 700)	—	—	—	—	—	—
	20	20 20R	GB 711 GB 6654	20	JB 4726	WCA	GB 12229		
1.1	WCB	—				WCB	GB 12229	—	—
1.2	WCC	—				WCC	GB 12229		
						ZG 280/520G	GB/T 16253		
1.3	16Mn	16MnR	GB 6654	16Mn	JB 4726	ZG240/450AG	GB/T 16253		
		16MnDR	GB 3531	16MnD	JB 4727	—	—		
1.4	09Mn	09Mn2VDR 09MnNiDR	GB 3531	09Mn2VD 09MnNiD	JB 4727	—	—		
1.9a	1Cr-0.5Mo	15CrMoR	GB 6654	15CrMo	JB 4726	ZG15Cr1Mo	GB/T 16253		
1.10	2¼Cr-1Mo			12Cr2Mo1	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253		
1.13	5Cr-0.5Mo	—	—	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG	GB/T 16253		
2.1	304	0Cr18Ni9	GB 4237	0Cr18Ni9	JB 4728	ZG07Cr20Ni10	GB/T 16253	0Cr18Ni9	GB/T 14976 HG 20537
						CF8	GB 12230		
2.2	316	0Cr17Ni12Mo2		0Cr17Ni12Mo2		ZG07Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	0Cr17Ni12Mo2	
						CF8M	GB 12230		
2.3	304L	00Cr19Ni10		00Cr19Ni10		ZG03Cr18Ni10	GB/T 16253	00Cr19Ni10	
						CF3	GB 12230		
	316L	00Cr17Ni14Mo2		00Cr17Ni14Mo2		ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253	00Cr17Ni14Mo2	
						CF3M	GB 12230		
2.4	321	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)		0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)		ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)	
						CF8C	GB 12230		

注：1. 管法兰材料应采用锻制，不得用钢板制造，钢板仅可用于法兰盖。

2. 表列铸件仅适用于整体法兰，并不适用于带焊接法兰的铸件。

3. 表列钢管仅适用于采用钢管制造的奥氏体不锈钢对焊环。

2.4.4 法兰压力-温度等级

(1) 欧洲体系（见表 27-83～表 27-92）

(2) 美洲体系（见表 27-93～表 27-99）

表 27-83 最高无冲击工作压力 /MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
0.25	Q235	0.25	0.25	0.225	0.2	0.175	0.15									
	20	0.25	0.25	0.225	0.2	0.175	0.15	0.125	0.088							
	16Mn	0.25	0.25	0.245	0.238	0.225	0.2	0.175	0.138	0.113						
	1Cr-0.5Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.238	0.228	0.223	0.218	0.205	0.185	0.155	0.123	0.095
	2¼Cr-1Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.228	0.223	0.218	0.2	0.138	0.125	0.11	0.095
	5Cr-0.5Mo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25							

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
0.25	304L	0.223	0.201	0.18	0.163	0.152	0.141	0.134	0.129		0.124					
	304	0.234	0.212	0.191	0.174	0.161	0.15	0.143	0.139		0.136		0.133			
	321	0.247	0.231	0.217	0.206	0.194	0.186	0.179	0.173		0.169		0.166			
	316L	0.241	0.221	0.201	0.186	0.174	0.161	0.154	0.15		0.144					
	316	0.25	0.234	0.212	0.197	0.186	0.173	0.167	0.16		0.157		0.154			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-84　最高无冲击工作压力　/MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
0.6	Q235	0.60	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36									
	20	0.60	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.3	0.21							
	16Mn	0.60	0.60	0.59	0.57	0.54	0.48	0.42	0.33	0.27						
	1Cr-0.5Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.57	0.546	0.534	0.522	0.492	0.444	0.372	0.294	0.228
	2¼Cr-1Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.546	0.534	0.522	0.48	0.33	0.3	0.264	0.228
	5Cr-0.5Mo	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60							
	304L	0.54	0.48	0.43	0.39	0.37	0.34	0.32	0.31		0.3					
	304	0.56	0.51	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.33		0.33		0.32			
	321	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42		0.41		0.4			
	316L	0.58	0.53	0.48	0.45	0.42	0.39	0.37	0.36		0.35					
	316	0.6	0.56	0.51	0.47	0.45	0.42	0.4	0.38		0.38		0.37			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-85　最高无冲击工作压力　/MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
1.0	Q235	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6									
	20	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.35							
	16Mn	1.0	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.55	0.45						
	1Cr-0.5Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.91	0.89	0.87	0.82	0.74	0.62	0.49	0.38
	2¼Cr-1Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.91	0.89	0.87	0.8	0.55	0.5	0.44	0.38
	5Cr-0.5Mo	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0							
	304L	0.89	0.8	0.72	0.65	0.61	0.56	0.54	0.52		0.5					
	304	0.94	0.85	0.76	0.7	0.64	0.6	0.57	0.56		0.54		0.53			
	321	0.99	0.92	0.87	0.82	0.78	0.74	0.72	0.69		0.68		0.66			
	316L	0.96	0.88	0.8	0.74	0.7	0.64	0.62	0.6		0.58					
	316	1.0	0.94	0.85	0.79	0.74	0.69	0.67	0.64		0.63		0.62			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-86 最高无冲击工作压力 /MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
1.6	Q235	1.6	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96									
	20	1.6	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96	0.8	0.56							
	16Mn	1.6	1.6	1.57	1.52	1.44	1.28	1.12	0.88	0.72						
	1Cr-0.5Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.52	1.456	1.424	1.392	1.312	1.184	0.992	0.784	0.608
	2¼Cr-1Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.456	1.424	1.392	1.28	0.88	0.8	0.704	0.608
	5Cr-0.5Mo	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6							
	304L	1.43	1.29	1.15	1.05	0.97	0.9	0.86	0.82		0.8					
	304	1.5	1.36	1.22	1.12	1.03	0.96	0.92	0.89		0.87		0.85			
	321	1.58	1.48	1.39	1.32	1.24	1.19	1.14	1.11		1.08		1.06			
	316L	1.54	1.42	1.29	1.19	1.12	1.03	0.99	0.96		0.92					
	316	1.6	1.5	1.36	1.26	1.19	1.11	1.07	1.02		1.0		0.99			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-87 最高无冲击工作压力 /MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.5	20	2.5	2.5	2.25	2.0	1.75	1.5	1.25	0.88							
	16Mn	2.5	2.5	2.45	2.38	2.25	2.0	1.75	1.38	1.13						
	1Cr-0.5Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.38	2.28	2.23	2.18	2.05	1.85	1.55	1.23	0.95
	2¼Cr-1Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.28	2.23	2.18	2.0	1.88	1.25	1.1	0.95
	5Cr-0.5Mo	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5							
	304L	2.23	2.01	1.8	1.63	1.52	1.41	1.34	1.29		1.24					
	304	2.34	2.12	1.91	1.74	1.61	1.5	1.43	1.39		1.36		1.33			
	321	2.47	2.31	2.17	2.06	1.94	1.86	1.79	1.73		1.69		1.66			
	316L	2.41	2.21	2.01	1.86	1.74	1.61	1.54	1.5		1.44					
	316	2.5	2.34	2.12	1.97	1.86	1.73	1.67	1.6		1.57		1.54			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-88 最高无冲击工作压力 /MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃ ≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
4.0	20	4.0	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	1.4							
	16Mn	4.0	4.0	3.92	3.8	3.6	3.2	2.8	2.2	1.8						
	1Cr-0.5Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.64	3.56	3.48	3.28	2.96	2.48	1.96	1.52
	2¼Cr-1Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.64	3.56	3.48	3.2	2.2	2.0	1.76	1.52
	5Cr-0.5Mo	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0							
	304L	3.57	3.22	2.88	2.61	2.44	2.26	2.15	2.06		1.99					
	304	3.75	3.4	3.06	2.79	2.58	2.4	2.29	2.22		2.17		2.13			
	321	3.95	3.7	3.47	3.29	3.11	2.97	2.86	2.77		2.7		2.65			
	316L	3.86	3.54	3.22	2.97	2.79	2.58	2.47	2.4		2.31					
	316	4.0	3.75	3.4	3.15	2.97	2.77	2.67	2.56		2.51		2.47			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-89　最高无冲击工作压力　/MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
6.3	20	5.28	5.10	4.85	4.47	4.10	3.72	3.15	2.21							
	16Mn	6.3	6.3	6.17	5.99	5.67	5.04	4.41	3.47	2.84						
	1Cr-0.5Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.99	5.73	5.61	5.48	5.17	4.66	3.91	3.09	2.39
	2¼Cr-1Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.73	5.61	5.48	5.04	3.47	3.15	2.77	2.39
	5Cr-0.5Mo	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3							
	304L	5.61	5.04	4.54	4.1	3.84	3.53	3.4	3.28		3.15					
	304	5.92	5.36	4.79	4.41	4.03	3.78	3.59	3.53		3.4		3.34			
	321	6.24	5.8	5.48	5.17	4.91	4.66	4.54	4.35		4.28		4.16			
	316L	6.05	5.54	5.04	4.66	4.41	4.03	3.91	3.78		3.65					
	316	6.3	6.11	5.8	5.48	5.23	4.91	4.73	4.6		4.47		4.41			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-90　最高无冲击工作压力　/MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
10.0	20	8.4	8.1	7.7	7.1	6.5	5.9	5.0	3.5							
	16Mn	10.0	10.0	9.8	9.5	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5						
	1Cr-0.5Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	9.1	8.9	8.7	8.2	7.4	6.2	4.9	3.8
	2¼Cr-1Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.1	8.9	8.7	8.0	5.5	5.0	4.4	3.8
	5Cr-0.5Mo	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0							
	304L	8.9	8.0	7.2	6.5	6.1	5.6	5.4	5.2		5.0					
	304	9.4	8.5	7.6	7.0	6.4	6.0	5.7	5.6		5.4		5.3			
	321	9.9	9.2	8.7	8.2	7.8	7.4	7.2	6.9		6.8		6.6			
	316L	9.6	8.8	8.0	7.4	7.0	6.4	6.2	6.0		5.8					
	316	10.0	9.4	8.5	7.9	7.4	6.9	6.7	6.4		6.3		6.2			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-91　最高无冲击工作压力　/MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
16.0	20	13.4	13.0	12.3	11.4	10.4	9.4	8.0	5.6							
	16Mn	16.0	16.0	15.7	15.2	14.4	12.8	11.2	8.8	7.2						
	1Cr-0.5Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.2	14.6	14.2	13.9	13.1	11.8	9.9	7.8	6.1
	2¼Cr-1Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	14.6	14.2	13.9	12.8	8.8	8.0	7.0	6.1
	5Cr-0.5Mo	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0							
	304L	14.3	12.9	11.5	10.5	9.7	9.0	8.6	8.2		8.0		7.8			
	304	15.0	13.6	12.2	11.2	10.3	9.6	9.2	8.9		8.7		8.5			
	321	15.8	14.8	13.9	13.2	12.4	11.9	11.4	11.1		10.8		10.6			
	316L	15.4	14.2	12.9	11.9	11.2	10.3	9.9	9.6		9.2		9.1			
	316	16.0	15.0	13.6	12.6	11.9	11.1	10.7	10.2		10.0		9.9			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-92 最高无冲击工作压力 /MPa

公称压力 PN	法兰材料类别	工作温度/℃														
		≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
25.0	20	21.0	20.25	19.25	17.75	16.25	14.75	12.5	8.8							
	16Mn	25.0	25.0	24.5	23.8	22.5	20.0	17.5	13.8	11.3						
	1Cr-0.5Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	23.8	22.8	22.3	21.8	20.5	18.5	15.5	12.3	9.5
	2¼Cr-1Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	22.8	22.3	21.8	20.0	13.8	12.5	11.0	9.5
	5Cr-0.5Mo	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0							
	304L	22.3	20.1	18.0	16.3	15.2	14.1	13.4	12.9		12.4					
	304	23.4	21.2	19.1	17.4	16.1	15.0	14.3	13.9		13.6		13.3			
	321	24.7	23.1	21.7	20.6	19.4	18.6	17.9	17.3		16.9		16.6			
	316L	24.1	22.1	20.1	18.6	17.4	16.1	15.4	15.0		14.4					
	316	25.0	23.4	21.2	19.7	18.6	17.3	16.7	16.0		15.7		15.4			

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-93 最高无冲击工作压力 /MPa

工作温度/℃	PN2.0MPa(Class 150) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	1.58	1.96	2.0	1.84	1.63	1.83	2.0	2.0	1.9	1.9	1.59	1.9
50	1.53	1.92	1.92	1.81	1.6	1.76	1.92	1.92	1.84	1.84	1.53	1.84
100	1.42	1.77	1.77	1.73	1.48	1.67	1.77	1.77	1.57	1.62	1.32	1.59
150	1.35	1.58	1.58	1.58	1.45	1.58	1.58	1.58	1.39	1.48	1.2	1.44
200	1.27	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.26	1.37	1.1	1.32
250	1.15	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.17	1.21	1.02	1.21
300	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	0.97	1.02
350	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
375	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
400	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
425	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
450	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
475	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37		0.37
500						0.28	0.28	0.28	0.28	0.28		0.28
525						0.19	0.19	0.19	0.19	0.19		0.19
540						0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13

注：法兰材料类别说明详见表 27-82。

表 27-94 最高无冲击工作压力 /MPa

工作温度/℃	PN5.0MPa(Class 300) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	3.95	5.11	5.17	4.79	4.25	4.74	5.17	5.17	4.96	4.96	4.14	4.96
50	3.85	5.01	5.17	4.73	4.17	4.68	5.12	5.17	4.78	4.81	4.0	4.8
100	3.56	4.64	5.15	4.51	3.86	4.66	4.9	5.15	4.09	4.22	3.45	4.15

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	PN5.0MPa(Class 300) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
150	3.39	4.52	5.02	4.4	3.77	4.64	4.66	5.02	3.63	3.85	3.12	3.75
200	3.18	4.38	4.88	4.27	3.66	4.55	4.48	4.88	3.28	3.57	2.87	3.44
250	2.88	4.17	4.63	4.06	3.47	4.45	4.42	4.63	3.05	3.34	2.67	3.21
300	2.57	3.87	4.24	3.77	3.23	4.24	4.24	4.24	2.91	3.16	2.52	3.05
350	2.39	3.7	4.02	3.6	3.09	4.02	4.02	4.02	2.81	3.04	2.4	2.93
375	2.29	3.65	3.88	3.53	3.09	3.88	3.88	3.88	2.78	2.97	2.36	2.89
400	2.19	3.45	3.45	3.24	3.03	3.66	3.66	3.66	2.75	2.91	2.32	2.86
425	2.12	2.88	2.88	2.73	2.58	3.51	3.51	3.45	2.72	2.87	2.27	2.85
450	1.96	2.0	2.0	1.98	1.96	3.38	3.38	3.09	2.69	2.81	2.23	2.82
475	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	3.17	3.17	2.59	2.66	2.74		2.8
500						2.78	2.78	2.03	2.61	2.68		2.78
525						2.03	2.19	1.54	2.39	2.58		2.58
550						1.28	1.64	1.17	2.18	2.5		2.5
575						0.85	1.17	0.88	2.01	2.41		2.28
600						0.59	0.76	0.65	1.67	2.14		1.98
625									1.31	1.83		1.58
650									1.05	1.41		1.25
675									0.78	1.26		0.98
700									0.6	0.99		0.77
725									0.46	0.77		0.62
750									0.37	0.59		0.48
775									0.28	0.46		0.38
800									0.21	0.35		0.3

表 27-95　最高无冲击工作压力　/MPa

工作温度/℃	PN11.0MPa(Class 600) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	7.9	10.21	10.34	9.57	8.51	9.48	10.34	10.34	9.93	9.93	8.27	9.93
50	7.75	10.02	10.34	9.46	8.34	9.38	10.24	10.34	9.57	9.63	7.99	9.6
100	7.12	9.28	10.31	9.02	7.72	9.32	9.81	10.31	8.18	8.44	6.9	8.3
150	6.78	9.05	10.04	8.79	7.54	9.27	9.33	10.04	7.27	7.7	6.25	7.5
200	6.36	8.76	9.76	8.54	7.31	9.1	8.97	9.76	6.55	7.13	5.74	6.87
250	5.76	8.34	9.27	8.12	6.94	8.89	8.84	9.27	6.11	6.68	5.34	6.41
300	5.14	7.75	8.49	7.54	6.46	8.49	8.49	8.49	5.81	6.33	5.05	6.11
350	4.78	7.39	8.05	7.19	6.19	8.05	8.05	8.05	5.61	6.08	4.81	5.87
375	4.58	7.29	7.76	7.06	6.17	7.76	7.76	7.76	5.55	5.94	4.72	5.78
400	4.38	6.9	6.9	6.48	6.06	7.32	7.32	7.32	5.49	5.82	4.63	5.73
425	4.24	5.75	5.75	5.46	5.16	7.02	7.02	6.9	5.43	5.73	4.54	5.7
450	3.92	4.01	4.01	3.96	3.92	6.76	6.76	6.18	5.37	5.62	4.45	5.64

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	PN11.0MPa(Class 600) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
475	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	6.33	6.33	5.18	5.31	5.47		5.6
500						5.56	5.56	4.05	5.21	5.37		5.56
525						4.05	4.38	3.08	4.78	5.16		5.16
550						2.55	3.27	2.34	4.36	4.99		4.99
575						1.7	2.34	1.76	4.01	4.82		4.56
600						1.18	1.53	1.31	3.34	4.29		3.96
625									2.62	3.65		3.16
650									2.1	2.82		2.5
675									1.55	2.53		1.97
700									1.2	1.99		1.54
725									0.93	1.54		1.24
750									0.73	1.1		0.96
775									0.56	0.91		0.75
800									0.41	0.7		0.61

表 27-96 最高无冲击工作压力 /MPa

工作温度/℃	PN15.0MPa(Class 900) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	11.85	15.32	15.52	14.36	12.76	14.23	15.52	15.52	14.89	14.89	12.41	14.89
50	11.6	15.02	15.52	14.19	12.52	14.06	15.36	15.52	14.35	14.44	11.99	14.39
100	10.68	13.91	15.46	13.53	11.58	13.99	14.71	15.46	12.26	12.66	10.35	12.45
150	10.17	13.57	15.06	13.19	11.31	13.91	13.99	15.06	10.9	11.55	9.37	11.25
200	9.54	13.15	14.64	12.8	10.97	13.64	13.45	14.64	9.83	10.7	8.61	10.31
250	8.64	12.52	13.9	12.18	10.41	13.34	13.27	13.9	9.16	10.02	8.01	9.62
300	7.71	11.62	12.73	11.31	9.69	12.73	12.73	12.73	8.72	9.49	7.57	9.16
350	7.17	11.09	12.07	10.79	9.28	12.07	12.07	12.07	8.42	9.13	7.21	8.8
375	6.87	10.94	11.64	10.59	9.26	11.64	11.64	11.64	8.33	8.91	7.08	8.68
400	6.57	10.35	10.35	9.72	9.09	10.98	10.98	10.98	8.24	8.73	6.95	8.59
425	6.36	8.63	8.63	8.19	7.74	10.53	10.53	10.35	8.15	8.6	6.81	8.54
450	5.87	6.01	6.01	5.94	5.87	10.14	10.14	9.27	8.06	8.42	6.68	8.46
475	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	9.5	9.5	7.77	7.97	8.21		8.4
500						8.34	8.34	6.08	7.82	8.05		8.34
525						6.08	6.58	4.63	7.16	7.74		7.74
550						3.83	4.91	3.5	6.54	7.49		7.49
575						2.55	3.51	2.64	6.02	7.23		6.84
600						1.76	2.29	1.96	5.01	6.43		5.94
625									3.92	5.48		4.74
650									3.16	4.24		3.74
675									2.33	3.79		2.95
700									1.79	2.98		2.3
725									1.39	2.31		1.86
750									1.1	1.76		1.44
775									0.84	1.37		1.13
800									0.62	1.05		0.91

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-97 最高无冲击工作压力 /MPa

工作温度/℃	PN26.0MPa(Class 1500) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	19.75	25.53	25.86	23.94	21.27	23.7	25.86	25.86	24.82	24.82	20.68	24.82
50	19.3	25.04	25.86	23.65	20.86	23.43	25.6	25.86	23.92	24.06	19.98	23.99
100	17.8	23.19	25.77	22.55	19.31	23.31	24.52	25.77	20.44	21.1	17.24	20.75
150	16.9	22.61	25.1	21.98	18.86	23.19	23.32	25.1	18.17	19.25	15.61	18.75
200	15.9	21.91	24.39	21.34	18.28	22.74	22.42	24.39	16.38	17.84	14.35	17.19
250	14.35	20.86	23.17	20.29	17.36	22.23	22.11	23.17	15.27	16.69	13.35	16.03
300	12.85	19.37	21.21	18.85	16.15	21.21	21.21	21.21	14.53	15.81	12.62	15.27
350	11.95	18.48	20.12	17.98	15.46	20.12	20.12	20.12	14.03	15.21	12.02	14.67
375	11.45	18.23	19.4	17.66	15.43	19.4	19.4	19.4	13.88	14.85	11.8	14.46
400	10.9	17.25	17.25	16.2	15.15	18.29	18.29	18.29	13.73	14.56	11.58	14.31
425	10.6	14.38	14.38	13.65	12.89	17.55	17.55	17.25	13.58	14.33	11.35	14.24
450	9.79	10.02	10.02	9.9	9.79	16.9	16.9	15.45	13.43	14.04	11.13	14.1
475	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	15.83	15.83	12.95	13.28	13.68		14.01
500						13.9	13.9	10.13	13.03	13.41		13.9
525						10.13	10.96	7.71	11.94	12.9		12.9
550						6.38	8.18	5.84	10.91	12.48		12.48
575						4.25	5.85	4.41	10.04	12.05		11.39
600						2.94	3.82	3.26	8.36	10.72		9.9
625									6.54	9.13		7.9
650									5.26	7.06		6.24
675									3.88	6.32		4.92
700									2.99	4.97		3.84
725									2.31	3.85		3.1
750									1.83	2.94		2.4
775									1.4	2.28		1.88
800									1.03	1.75		1.52

表 27-98 最高无冲击工作压力 /MPa

工作温度/℃	PN42.0MPa(Class 2500) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	33.15	42.55	43.1	38.89	35.46	39.51	43.1	43.1	41.36	41.36	34.46	41.36
50	32.6	41.73	43.1	39.42	34.77	39.07	42.67	43.1	39.86	40.1	33.3	39.98
100	29.95	38.65	42.95	37.59	32.18	38.85	40.87	42.95	34.07	35.17	28.74	34.59
150	28.4	37.69	41.83	36.63	31.43	38.64	38.86	41.83	30.28	32.09	26.02	31.25
200	26.7	36.52	40.66	35.56	30.47	37.9	37.37	40.66	27.3	29.73	23.91	28.65
250	24.15	34.77	38.61	33.82	28.93	37.06	36.85	38.61	25.45	27.82	22.25	26.72
300	21.6	32.28	35.35	31.42	26.91	35.35	35.35	35.35	24.21	26.36	21.04	25.45
350	20.05	30.8	33.53	29.97	25.77	33.53	33.53	33.53	23.38	25.38	20.04	24.45
375	19.2	30.39	32.34	29.43	25.52	32.34	32.34	32.34	23.13	24.75	19.67	24.1

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	PN42.0MPa(Class 2500) 法兰材料类别											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
400	18.35	28.75	28.75	27.0	25.25	30.49	30.49	30.49	22.89	24.26	19.29	23.86
425	17.8	23.96	23.96	22.75	21.49	29.25	29.25	28.75	22.64	23.89	18.92	23.73
450	16.32	16.69	16.69	16.5	16.32	28.17	28.17	25.76	22.39	23.4	18.55	23.49
475	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	26.38	26.38	21.58	22.14	22.8		23.35
500						23.16	23.16	16.89	21.72	22.36		23.16
525						16.89	18.27	12.85	19.9	21.49		21.49
550						10.64	13.64	9.73	18.18	20.8		20.8
575						7.08	9.75	7.34	16.73	20.08		18.99
600						4.9	6.36	5.44	13.93	17.86		16.51
625									10.9	15.21		13.16
650									8.76	11.77		10.4
675									6.46	10.53		8.19
700									4.98	8.29		6.4
725									3.85	6.42		5.16
750									3.04	4.9		4.0
775									2.33	3.8		3.13
800									1.71	2.92		2.52

表 27-99 最高工作压力额定值 /MPa

温度/℃	PN2.0 (Class 150)	PN5.0 (Class 300)	PN11.0 (Class 600)	PN15.0 (Class 900)	PN26.0 (Class 1500)	PN42.0 (Class 2500)
≤38	2.0	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
50	1.92	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
100	1.77	5.15	10.31	15.46	25.77	42.95
150	1.58	5.02	10.04	15.06	25.1	41.83
200	1.4	4.88	9.76	14.64	24.39	40.66
250	1.21	4.63	9.27	13.9	23.17	38.61
300	1.02	4.24	8.49	12.73	21.21	35.35
350	0.84	4.02	8.05	12.07	20.12	33.53
375	0.74	3.88	7.76	11.64	19.4	32.34
400	0.65	3.66	7.32	10.98	18.29	30.49
425	0.56	3.51	7.02	10.53	17.55	29.25
450	0.47	3.38	6.76	10.14	16.9	28.17
475	0.37	3.17	6.33	9.5	15.83	26.38
500	0.28	2.78	5.56	8.34	13.9	23.16
525	0.19	2.58	5.16	7.74	12.9	21.49
550	0.13[注]	2.5	4.99	7.49	12.48	20.8
575		2.41	4.82	7.23	12.05	20.08

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

温度 /℃	PN2.0 (Class 150)	PN5.0 (Class 300)	PN11.0 (Class 600)	PN15.0 (Class 900)	PN26.0 (Class 1500)	PN42.0 (Class 2500)
600		2.14	4.29	6.43	10.72	17.86
625		1.83	3.65	5.48	9.13	15.21
650		1.41	2.82	4.24	7.06	11.77
675		1.26	2.53	3.79	6.32	10.53
700		0.99	1.99	2.98	4.97	8.29
725		0.77	1.54	2.31	3.85	6.42
750		0.59	1.1	1.76	2.94	4.9
775		0.46	0.91	1.37	2.28	3.8
800		0.35	0.7	1.05	1.75	2.92

注：PN2.0MPa（Class 150）的最高额定工作压力值为 540℃时的值。

2.5　螺纹、承插焊及其他管件

2.5.1　螺纹管件（GB/T 14626—1993、ASME B16.11）

(1) 90°弯头（见表 27-100、图 27-13）

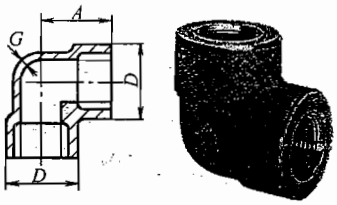


图 27-13

表 27-100　90°弯头尺寸　/mm

公称直径		A		D		G		质量 /kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000
8	1/4	25	29	25	33	3.5	6.5	0.14	0.30
10	3/8	29	33	33	38	3.5	7.0	0.27	0.45
15	1/2	33	38	38	46	4.0	8.0	0.40	0.72
20	3/4	38	44	46	56	4.5	8.5	0.63	1.15
25	1	44	51	56	62	5.0	10.0	1.10	1.61
32	1¼	51	60	62	75	5.5	10.5	1.22	2.67
40	1½	60	64	75	84	5.5	11.0	2.35	3.20
50	2	64	83	84	102	7.0	12.0	3.30	5.90

(2) 45°弯头（见图 27-14、表 27-101）

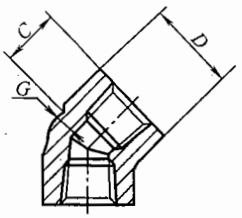


图 27-14

表 27-101　45°弯头尺寸　/mm

公称直径		C		D		G		质量 /kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000
8	1/4	19	22	25	33	3.5	6.5	0.12	0.27
10	3/8	22	25	33	38	3.5	7.0	0.24	0.39
15	1/2	25	29	38	46	4.0	8.0	0.34	0.61
20	3/4	29	33	46	56	4.5	8.5	0.54	1.02
25	1	37	35	56	62	5.0	10.0	0.92	1.17
32	1¼	35	43	62	75	5.5	10.5	0.97	2.61
40	1½	43	44	75	84	5.5	11.0	1.84	2.67
50	2	45	52	84	102	7.0	12.0	1.93	4.37

(3) 等径、异径三通（见表 27-102、图 27-15）

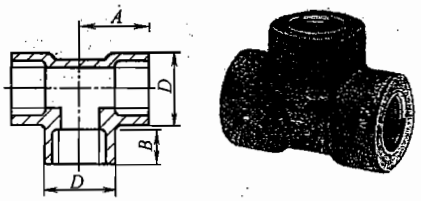


图 27-15

表 27-102　等径、异径三通尺寸　/mm

公称直径		A		D		B	质量 /kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000	3000,6000	3000	6000
8	1/4	25	29	25	33	10	0.19	0.42
10	3/8	29	33	33	38	10.5	0.39	0.63
15	1/2	33	38	38	46	13.5	0.32	0.98
20	3/4	38	44	46	56	14.0	0.83	1.05
25	1	44	51	56	62	17.5	1.38	2.19
32	1¼	51	60	62	75	18.0	1.66	3.52
40	1½	60	64	75	84	18.5	3.12	4.42
50	2	64	83	84	102	19.0	4.00	7.88

注：1. B 为 NPT 螺纹长度。

2. 异径三通与三通相同。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(4) 双头管箍（见表 27-103、图 27-16）

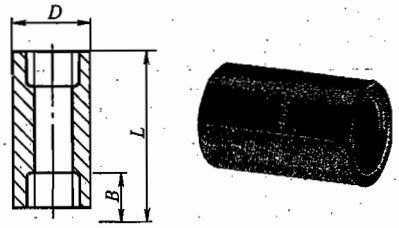


图 27-16

表 27-103 双头管箍尺寸 /mm

公称直径		L	D		B	质量/kg	
DN	NPS	3000，6000	3000	6000	3000，6000	3000	6000
8	1/4	35	19	25	10	0.05	0.06
10	3/8	38	22	32	10.5	0.06	0.18
15	1/2	48	29	38	13.5	0.14	0.31
20	3/4	51	35	44	14.0	0.20	0.41
25	1	60	44	57	17.5	0.40	0.85
32	1¼	67	57	64	18.0	0.70	1.05
40	1½	79	64	76	18.5	1.0	1.87
50	2	86	76	92	19.0	1.9	3.40

(5) 单头管箍（见表 27-104、图 27-17）

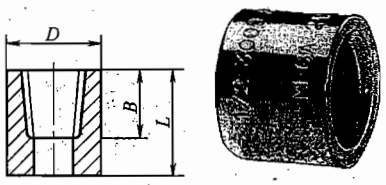


图 27-17

表 27-104 单头管箍尺寸 /mm

公称直径		L	D		B	质量/kg	
DN	NPS	3000，6000	3000	6000	3000，6000	3000	6000
8	1/4	17.5	19	35	10	0.03	0.04
10	3/8	19	22	32	10.5	0.05	0.09
15	1/2	24	29	38	13.5	0.07	0.16
20	3/4	25.5	35	44	14.0	0.10	0.20
25	1	30	44	57	17.5	0.20	0.43
32	1¼	33.5	57	64	18.0	0.32	0.53
40	1½	39.5	64	70	18.5	0.50	0.91
50	2	43	76	92	19.0	0.95	1.70

(6) 螺纹管台（见表 27-105、图 27-18）

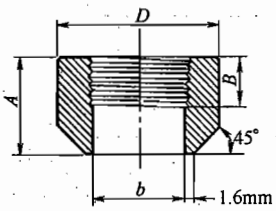


图 27-18

表 27-105 螺纹管台尺寸 /mm

公称直径		A	D		b	B
DN	NPS		3000	6000		
8	1/4	41	19	26	11.1	10
10	3/8	45	22	32	14.2	10.5
15	1/2	51	29	38	18	13.5
20	3/4	51	35	45	23	14
25	1	51	45	60	29	17.5
32	1¼	—	—	—	—	18.0
40	1½	51	64	76	44	18.5
50	2	51	76	95	56	19.0

(7) 异径管箍（见表 27-106、图 27-19）

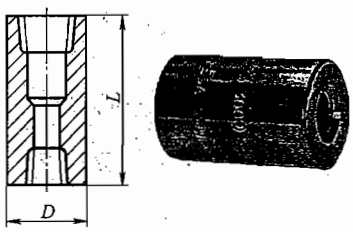


图 27-19

表 27-106 异径管箍尺寸 /mm

NPS	L	D		质量/kg	
		3000	6000	3000	6000
½×¼	48	29	38	0.05	0.06
¾×½	51	35	44	0.06	0.18
1×½	60	44	57	0.13	0.31
1×¾	60	44	57	0.19	0.41
1¼×1	67	57	64	0.39	0.85
1½×1	79	64	76	0.68	1.05
1½×1¼	79	64	76	0.99	1.81
2×1½	86	76	92	1.37	3.40

(8) 管帽（见表 27-107、图 27-20）

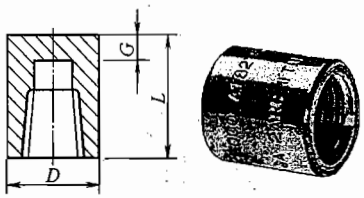


图 27-20

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-107　管帽尺寸　/mm

公称直径		L		D		G		质量/kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000
8	1/4	25	27	19	25	5	6.5	0.05	0.06
10	3/8	25	27	22	32	5	6.5	0.06	0.09
15	1/2	32	33	29	38	6.5	8	0.12	0.14
20	3/4	37	38	35	44	6.5	8	0.19	0.20
25	1	41	43	44	57	9.5	11	0.35	0.35
32	1¼	44	46	57	64	9.5	11	0.56	0.59
40	1½	44	48	64	76	11	12.5	0.75	0.77
50	2	48	51	76	92	12.5	16	1.45	1.47

(9) 六角管塞（见表 27-108、图 27-21）

(10) 六角丝套（6000Lb）（见表 27-109、图 27-22）

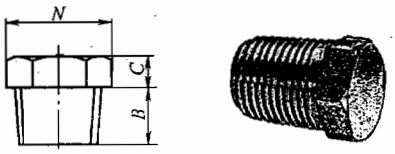


图 27-21

表 27-108　六角管塞尺寸　/mm

公称直径		B	N	C	质量/kg
DN	NPS				
8	1/4	11	16	6	0.03
10	3/8	12.5	17.5	8	0.05
15	1/2	14.5	22	8	0.08
20	3/4	16	27	10	0.15
25	1	19	35	10	0.25
32	1¼	20.5	44.5	14	0.50
40	1½	20.5	51	16	0.65
50	2	22	63.5	17	1.10

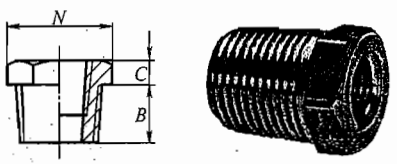


图 27-22

表 27-109　六角丝套尺寸　/mm

公称直径	B	N	C	质量/kg
½×¼	14.5	22	5	0.04
¾×½	16	27	6	0.06
1×½	19	35	6	0.13
1×¾	19	35	6	0.14
1¼×1	20.5	44.5	7	0.32
1½×1	20.5	51	8	0.35
1½×1¼	20.5	51	8	0.38
2×1½	22	63.5	9	0.60

(11) 六角短节（见表 27-110、图 27-23）

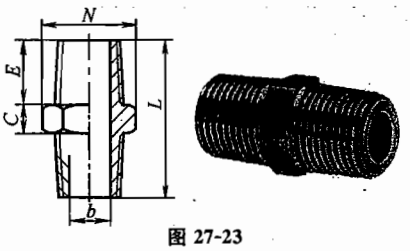


图 27-23

表 27-110　六角短节尺寸　/mm

公称直径		N	L	E	C	b	
DN	NPS					3000	6000
8	1/4	15	36	15	6	8	6
10	3/8	18	40	16	8	11	8
15	1/2	22	48	20	8	14	11
20	3/4	27	52	21	10	19	13
25	1	35	60	25	10	24	17
40	1½	50	68	26	16	38	30
50	2	62	71	27	17	49	39

注：表中尺寸 b 为短节内径。

(12) 短节（见表 27-111、图 27-24）

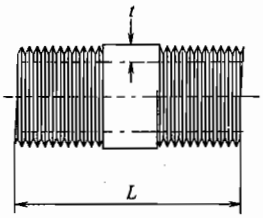


图 27-24

表 27-111　短节尺寸

公称直径		长度				等级	
DN	NPS	L/mm				3000	6000
8	1/4	50	75	100	150	Sch 80	XXS
10	3/8	50	75	100	150		
15	1/2		75	100	150		
20	3/4		75	100	150		
25	1		75	100	150		
32	1¼		75	100	150		
40	1½		75	100	150		
50	2		75	100	150		

(13) 异径六角短节（见表 27-112、图 27-25）

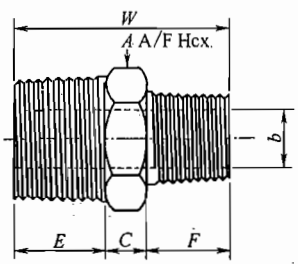


图 27-25

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-112 异径六角短节尺寸 /mm

公称直径 NPS	A	W	E	C	b		F
					3000	6000	
⅜×¼	18	39	16	8	6	8	15
½×⅜	22	44	20	11	8	8	16
½×¾	22	43	20	8	6	8	15
¾×½	27	50	21	14	11	9	20
¾×⅜	27	46	21	11	8	9	16
1×¾	35	56	25	19	13	10	21
1×½	35	55	25	14	11	10	20
1½×1	50	67	26	24	17	16	25
1½×¾	50	63	26	19	13	16	21
1½×½	50	62	26	14	11	16	20
2×1½	62	70	27	38	30	17	26
2×1	62	70	27	24	17	18	25
2×¾	62	65	27	19	13	17	21
2×½	62	65	27	14	11	18	20

(14) 内外丝 90°弯头（见表 27-113、图 27-26）

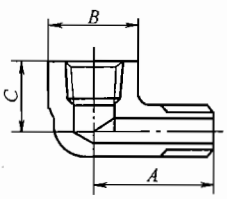


图 27-26

表 27-113 内外丝 90°弯头尺寸 /mm

公称直径		A	B	C
DN	NPS			
8	1/4	31.8	26.9	22.2
10	3/8	38.1	31.8	25.4
15	1/2	41.4	38.1	28.6
20	3/4	47.6	44.5	34.9
25	1	57.2	50.8	44.5
32	1¼	60.3	66.5	50.8
40	1½	68.3	71.4	57.2
50	2	82.6	84.1	63.5

(15) 六角螺母（见表 27-114、图 27-27）

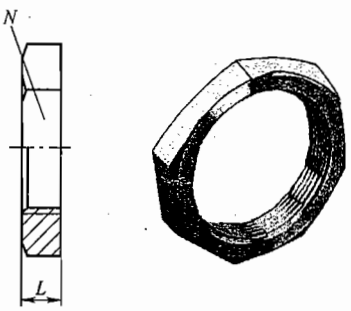


图 27-27

表 27-114 六角螺母尺寸 /mm

公称直径		L	N
DN	NPS		
8	1/4	8	22
10	3/8	9	27
15	1/2	9	32
20	3/4	10	36
25	1	11	46
32	1¼	13	55
40	1½	13	60
50	2	14	75

注：仅适用于外螺纹为 BS21 R_L 的长平行管螺纹上。

(16) BS 3799、MSS SP83 活接头（见表 27-115、图 27-28）

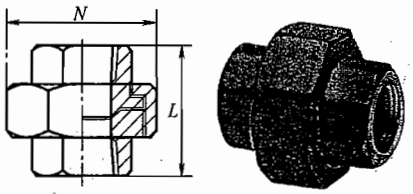


图 27-28

表 27-115 活接头尺寸

公称直径		L/mm	N/mm	质量/kg
DN	NPS			
8	1/4	43	32	0.13
10	3/8	48	36	0.20
15	1/2	51	43	0.40
20	3/4	57	50	0.50
25	1	64	60	1.00
32	1¼	70	70	1.45
40	1½	79	78	1.60
50	2	89	95	2.50

2.5.2 承插焊管件（GB/T 14383—93. ASME B16.11）

(1) 90°弯头（见表 27-116、图 27-29）

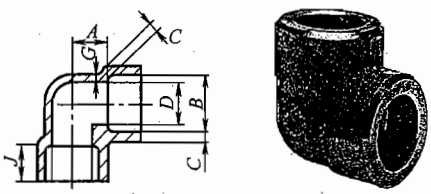


图 27-29

表 27-116 90°弯头尺寸 /mm

公称直径		A		C		B	J	质量/kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000			3000	6000
8	1/4	11	—	3.3	—	14.1	10	0.09	—
10	3/8	14	—	3.5	—	17.6	10	0.13	—
15	1/2	16	19	4.1	5.2	21.8	10	0.25	0.40
20	3/4	19	22	4.3	6.1	27.4	13	0.32	0.63

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		A		C		B	J	质量/kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000			3000	6000
25	1	22	27	5.0	7.0	34.1	13	0.52	1.19
32	1¼	27	32	5.3	7.0	42.9	13	0.86	1.36
40	1½	32	38	5.6	7.8	49	13	1.12	2.41
50	2	38	41	6.1	9.5	61	16	1.80	2.72

注：J 为插口深度；D 见三通。

(2) 45°弯头（见表 27-117、图 27-30）

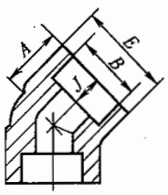


图 27-30

表 27-117　45°弯头尺寸　/mm

公称直径		中心至端部尺寸 A		端部外径 E		质量/kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000	3000	6000
8	1/4	18	—	21	—	0.06	—
10	3/8	18	—	25	—	0.09	—
15	1/2	21	23	30	33	0.20	0.30
20	3/4	26	27	36	40	0.26	0.57
25	1	28	31	45	49	0.40	0.88
32	1¼	31	34	54	57	0.64	1.11
40	1½	34	39	61	65	0.77	2.01
50	2	42	45	73	80	1.22	2.15

注：尺寸 B、J 与 90°弯头相同。

(3) 异径三通（等径）（见表 27-118、图 27-31）

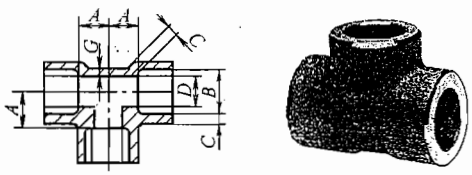


图 27-31

表 27-118　异径三通尺寸　/mm

公称直径		A		D		B	质量/kg	
DN	NPS	3000	6000	3000	6000		3000	6000
8	1/4	11	—	9.2	—	14.1	0.11	—
10	3/8	14	—	12.5	—	17.6	0.16	—
15	1/2	16	19	15.5	11.8	21.8	0.34	0.54
20	3/4	19	22	21	15.5	27.4	0.41	0.88
25	1	22	29	26.5	20.5	34.1	0.65	1.44
32	1¼	27	32	35	29.5	42.9	0.95	1.85
40	1½	32	38	40.5	34	49	1.33	3.27
50	2	38	41	52	43	61	2.2	3.60

注：其余同 90°弯头。
异径三通与三通尺寸相同，但缩口处 D 按相应尺寸。

(4) 双头管箍（见表 27-119、图 27-32）

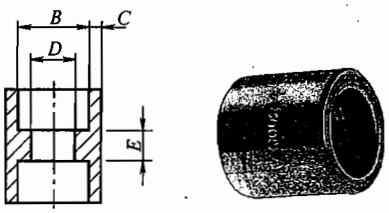


图 27-32

表 27-119　双头管箍尺寸　/mm

公称直径		J	E	质量/kg	
DN	NPS			3000	6000
8	1/4	10	6	0.05	—
10	3/8	10	6	0.10	—
15	1/2	10	10	0.14	0.24
20	3/4	13	10	0.20	0.33
25	1	13	13	0.30	0.65
32	1¼	13	13	0.45	0.75
40	1½	13	13	0.60	1.20
50	2	16	19	0.95	2.12

注：J 为插口深度，尺寸 B、C、D 与 90°弯头相同。

(5) 单头管箍（见表 27-120、图 27-33）

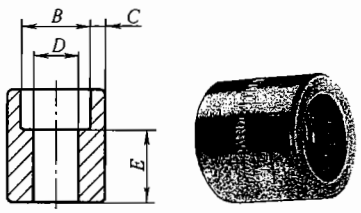


图 27-33

表 27-120　单头管箍尺寸　/mm

公称直径		E	J	质量/kg	
DN	NPS			3000	6000
8	1/4	16	10	0.06	—
10	3/8	17	10	0.11	—
15	1/2	22	10	0.15	0.24
20	3/4	24	13	0.21	0.33
25	1	29	13	0.35	0.65
32	1¼	30	13	0.50	0.75
40	1½	32	13	0.65	1.20
50	2	41	16	1.10	2.12

注：其余同双头管箍，J 为插口深度。

(6) 焊接管台（见表 27-121、图 27-34）

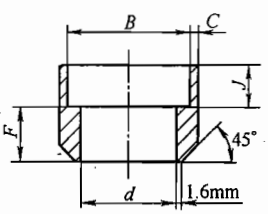


图 27-34

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-121 焊接管台尺寸 /mm

公称直径		F	J	C		B
DN	NPS			3000	6000	
8	1/4	32	10	3.3	—	14.1
10	3/8	34	11	3.5	—	17.6
15	1/2	38	13	4.1	5.2	21.8
20	3/4	38	13	4.3	6.1	27.4
25	1	35	16	5.0	7.0	34.1
40	1½	32	19	5.6	7.8	49
50	2	29	22	6.1	9.5	61

注：d 按钢管内径确定。

(7) 异径管箍（见表 27-122、图 27-35）

(8) 管帽（见表 27-123、图 27-36）

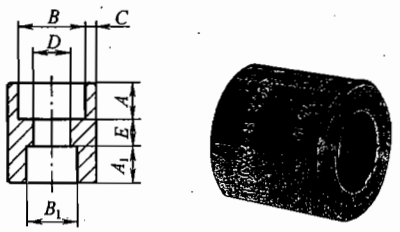


图 27-35

表 27-122 异径管箍尺寸

NPS	E/mm	质量/kg	
		3000	6000
⅜×¼	6	0.08	—
½×⅜	10	0.12	—
¾×½	10	0.20	0.24
1×¾	10	0.30	0.33
1¼×1	13	0.40	0.65
1½×1¼	13	0.55	0.75
2×1½	19	0.95	1.20

注：插口尺寸分别按两端尺寸。孔径 D 按小端尺寸，管箍外径按大端尺寸。

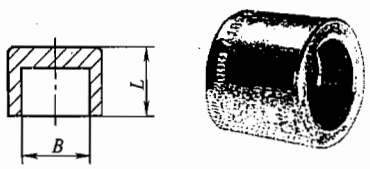


图 27-36

表 27-123 管帽尺寸 /mm

公称直径		L		J	质量/kg	
DN	NPS	3000	6000		3000	6000
8	1/4	17	—	10	0.06	—
10	3/8	17	—	10	0.07	—
15	1/2	18	21	10	0.14	0.19
20	3/4	23	26	13	0.16	0.26
25	1	24	27	13	0.30	0.54
32	1¼	26	31	13	0.45	0.64
40	1½	27	32	13	0.55	0.97
50	2	34	40	16	1.00	1.64

注：其余同 90°弯头。

(9) 高压管台（见表 27-124、图 27-37）

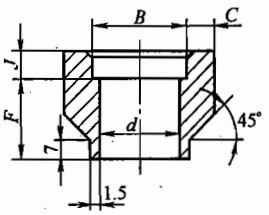


图 27-37

表 27-124 高压管台尺寸 /mm

公称直径		F	J	C	B	d
DN	NPS					
8	1/4	—				
10	3/8	—				
15	1/2	24	10	5.2	21.8	12.3
20	3/4	24	13	6.1	27.4	16
25	1	29	13	7	34.1	21
32	1¼	30	13	7	42.9	30
40	1½	32	13	8	49	34
50	2	41	16	10	61	43

注：直边段插入主管壁。

(10) 45°斜接管台（3000）（见表 27-125、图 27-38）

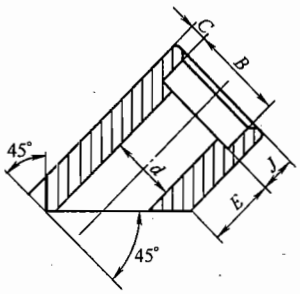


图 27-38

表 27-125 45°斜接管台尺寸 /mm

公称直径		E	J	C	d
DN	NPS				
8	1/4	6	10	3.3	9.2
10	3/8	6	10	3.5	12.5
15	1/2	10	10	4.1	15.5
20	3/4	10	13	4.3	21
25	1	13	13	5.0	26.5
32	1¼	13	13	5.3	34
40	1½	13	13	5.6	40.5
50	2	19	16	6.1	52

注：尺寸 B 与 90°弯头相同。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(11) 活接头（见表 27-126、图 27-39）

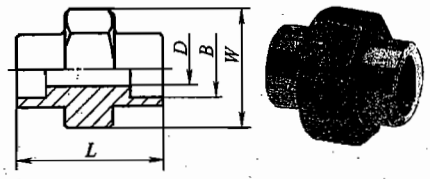


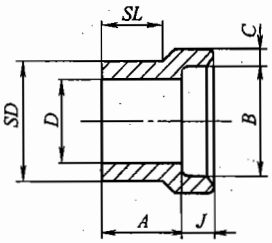
图 27-39

表 27-126　活接头尺寸　/mm

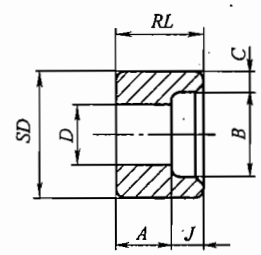
公称直径		L	W	J	质量 /kg
DN	NPS				
8	1/4	37	32	10	0.20
10	3/8	37	36	10	0.35
15	1/2	38	43	10	0.40
20	3/4	46	50	13	0.45
25	1	52	60	13	1.0
32	1¼	54	70	13	1.3
40	1½	56	78	13	1.7
50	2	68	95	16	3.0

注：密封面为金属/金属（锥面）。亦可按平垫片密封面。其余尺寸与 90°弯头相同。

(12) 变径承插接头（见表 27-127、图 27-40）



1型



2型

图 27-40　变径承插接头

表 27-127　变径承插接头尺寸　/mm

公称直径		类型		SD	A		C(最小)		SL		RL		插口直径	插口深度	孔径 D	
DN	NPS	3000 Sch80	6000 Sch160		3000 Sch80	6000 Sch160	3000 Sch80	6000 Sch160	3000 Sch80	6000 Sch160	6000 Sch80	6000 Sch160	B	J	3000 Sch80	6000 Sch160
10×8	3/8×1/4	1	1	17.1	19	21	3.8	4.6	14	16	—	—	14.2	10	9	6.5
15×10	1/2×3/8	1	1	21.3	21	23	4.0	5.0	16	16	—	—	17.7	10	12.5	9
15×8	1/2×1/4	2	1	21.3	21	21	3.8	4.6	16	16	—	—	14.2	10	9	6
20×15	3/4×1/2	1	1	26.7	22	25	4.7	6.0	17	19	—	—	21.8	10	16	11.5
20×10	3/4×3/8	2	1	26.7	16	22	4.0	5.0	—	19	21	—	17.7	10	12.5	9
20×8	3/4×1/4	2	2	26.7	18	22	3.8	4.6	—	—	21	32	14.2	10	9	6.5
25×20	1×3/4	1	1	33.4	24	28	4.9	7.0	19	21	—	—	27.2	13	21	15.5
25×15	1×1/2	2	2	33.4	16	28	4.7	6.0	—	21	28	—	21.8	10	16	11.5
25×10	1×3/8	2	2	33.4	18	22	4.0	5.0	—	—	28	33	17.9	10	12.5	9
25×8	1×1/4	2	2	33.4	19	24	3.8	4.6	—	—	28	33	14.2	10	9	6
32×25	1¼×1	1	1	42.4	25	30	5.7	7.9	21	22	—	—	33.9	13	26.5	20.5
32×20	1¼×3/4	2	2	42.2	18	21	4.9	7.0	—	—	32	35	27.2	13	21	15.5
32×15	1¼×1/2	2	2	42.2	19	22	4.7	6.0	—	—	32	35	21.8	10	16	11.5
32×10	1¼×3/8	2	2	42.2	21	24	4.0	5.0	—	—	32	35	17.7	10	12.5	9
32×8	1¼×1/4	2	2	42.2	22	25	3.8	4.6	—	—	32	35	14.2	10	9	6
40×32	1½×1¼	1	1	48.3	28	35	6.1	7.9	22	25	—	—	42.7	13	35	29.5
40×25	1½×1	2	1	48.3	18	29	5.7	7.9	—	25	33	—	33.9	13	26.5	20.5
40×20	1½×3/4	2	2	48.3	19	25	4.9	7.0	—	—	33	40	27.2	13	21	15.5
40×15	1½×1/2	2	2	48.3	21	27	4.7	6.0	—	—	33	40	21.8	10	16	11.5
40×10	1½×3/8	2	2	48.3	22	28	4.0	5.0	—	—	33	40	17.7	10	12.5	9
50×40	2×1½	1	1	60.3	32	47	6.4	8.9	25	40	—	—	48.8	13	41	34
50×32	2×1¼	2	2	60.3	21	24	6.1	7.9	—	—	38	41	42.9	13	35	29.5
50×25	2×1	2	2	60.3	22	25	5.7	7.9	—	—	38	41	33.9	13	26.5	21
50×20	2×3/4	2	2	60.3	24	27	4.9	7.0	—	—	38	41	27.2	13	21	15.5
50×15	2×1/2	2	2	60.3	25	28	4.7	6.0	—	—	38	41	21.8	10	16	11.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.5.3 其他管件

(1) 支管台（MSS SP97）

支管台是用于支管连接的补强型管件，代替传统使用的异径三通、补强板、加强管段等支管连接型式，具有安全可靠，降低造价；施工简单；改善介质流道；系列化标准化，设计选用方便等突出优点，尤其在高压、高温、大口径、厚壁管道中使用日益广泛，取代了传统的支管连接方法。

支管台本体采用优质锻件，用材与管道材料相同，本公司在碳钢、合金钢、低温钢－45～101℃、不锈钢、蒙乃尔、镍基合金等多种材质供用户选用。

支管台与主管均采用焊接，支管台与支管或其他管件（如短管、丝堵等）、仪表、阀门的连接有对焊、承插焊、螺纹等多种型式。

支管台型式有标准型、短管型、斜接型、弯头型，详见表27-128。

表27-128 支管台型式

型式	支管台与支管连接型		
	承插焊	管螺纹	对焊
标准型	SOL(MSS SP97、Q/DG11)	TOL(MSS SP97、Q/DG12标准)	WOL(MSS SP97、Q/DG13)
短管型	SNL (Q/DG14)	TNL(Q/DG14、SHB—P01)	WNL (Q/DG14)
斜接型 (45°)	SLL (Q/DG15)	TLL(Q/DG15、SHB—P01)	WLL (Q/DG15)
弯头型 (1.5D)	SEL (Q/DG16)	TEL(Q/DG16、SHB—P01)	WEL (Q/DG16)

注：1. 表中所列均为用于英制管的支管台产品系列，适用于公制管的支管台产品（管螺纹型除外），用户在订货时应予说明。

2. Q/DG11～Q/DG16系浙江瑞安市东海管件制造公司厂标。

① 承插焊支管台（见表27-129、图27-41）

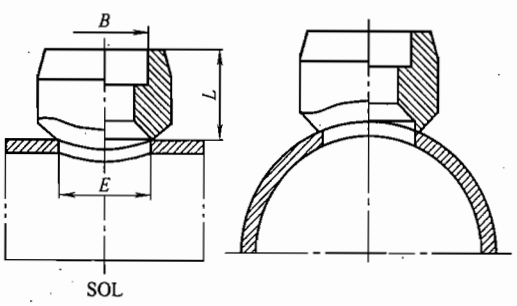


图27-41 承插焊支管台SOL型

表27-129 承插焊支管台尺寸（MSS-SP97）

支管公称直径		适用主管公称直径≥		L/mm		E/mm	
mm	in	mm	in	3000	6000	3000	6000
6	1/8	20	3/4	19.1	—	15.9	—
8	1/4	20	3/4	19.1	—	15.9	—
10	3/8	25	1	20.6	—	19.1	—
15	1/2	32	1¼	25.4	31.8	23.8	19.1
20	3/4	40	1½	27.0	36.5	30.2	25.4
25	1	50	2	33.3	39.7	36.5	33.3
32	1¼	65	2½	33.3	41.3	44.5	38.1
40	1½	65	2½	34.9	42.9	50.8	49.2
50	2	80	3	38.1	52.4	65.1	69.9
65	2½	100	4	39.7	—	76.2	—
80	3	125	5	44.5	—	93.7	—
100	4	150	6	47.6	—	120.7	—

注：1. 承插口尺寸B根据支管尺寸（英制管或公制管）的规定。

2. 表列“适用主管公称直径”指为一般用途，如需用于更小的主管尺寸应与制造厂协商。

3. 按表27-130选用支管台的压力等级，如用于公制管，用户应注明支管壁厚尺寸。

4. 表列E值适用于国际通用系列的钢管尺寸（英制管），如需用于国内沿用系列钢管（公制管）E值将有所调整，但L值不变。

5. 订货时必须注明主管和支管公称尺寸、压力等级和材料牌号，如用于公制管，应注明主管及支管外径尺寸和壁厚。

SOL 4×1 3000LB 20

SOL 108×32 6×3 20

表27-130 支管台压力等级

压力等级	适用支管壁厚等级
3000#	Sch40、Sch80、STD、XS
6000#	Sch160、XXS

② 螺纹支管台（见表27-131、图27-42）

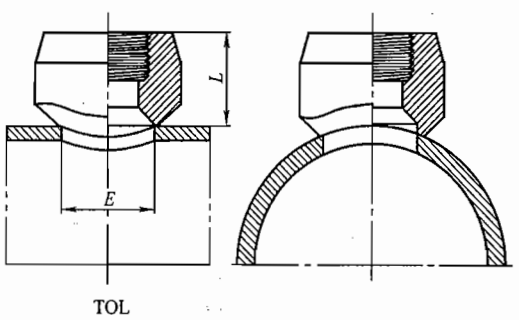


图27-42 螺纹支管台TOL型

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-131　螺纹支管台尺寸（MSS-SP97）

支管公称直径		适用主管公称直径≥		L/mm		E/mm		支管公称直径		适用主管公称直径≥		L/mm		E/mm	
DN	NPS	/mm	/in	3000	6000	3000	6000	DN	NPS	/mm	/in	3000	6000	3000	6000
6	1/8	20	3/4	19.1	—	15.9	—	32	1¼	65	2½	33.3	41.3	44.5	38.1
8	1/4	20	3/4	19.1	—	15.9	—	40	1½	65	2½	34.9	42.9	50.8	49.2
10	3/8	25	1	20.6	—	19.1	—	50	2	80	3	38.1	52.4	65.1	69.9
15	1/2	32	1¼	25.4	31.8	23.8	19.1	65	2½	100	4	46.0	—	76.2	—
20	3/4	40	1½	27.0	36.5	30.2	25.4	80	3	125	5	50.8	—	93.7	—
25	1	50	2	33.3	39.7	36.5	33.3	100	4	150	6	57.2	—	120.7	—

注：1. 锥管螺纹可按 ANSI B1.20.1 NPT 或 ISO7/1R_P 或 R_c 锥管螺纹，尺寸同支管公称直径（in）用户需注明锥管螺纹代号。

2. 表列“适用主管公称直径”指为一般用途，如需用于更小的主管尺寸应与制造厂协商。

3. 按表 27-132 选用支管台的压力等级。

4. 螺纹支管台仅适用于国际通用系列的钢管（英制管）。

5. 订货时必须注明主管及支管公称尺寸、压力等级、材料牌号、螺纹代号。

表 27-132　支管台压力等级

压力等级	适用支管壁厚等级
3000	Sch40、Sch80、STD、XS
6000	Sch160、XXS

③ 对焊支管台（见表 27-133、图 27-43）

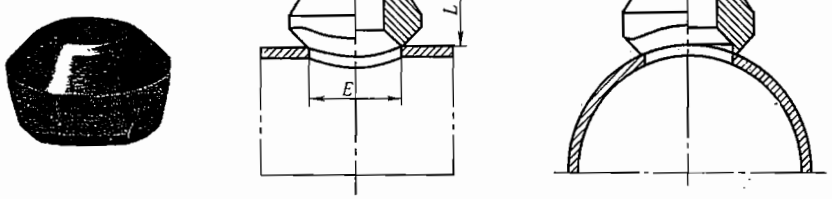


图 27-43　对焊支管台 WOL

表 27-133　对焊支管台尺寸（MSS-SP97）

支管公称直径		适用主管公称直径≥		L/mm			E/mm		
DN	NPS	mm	in	STD	XS	XXS	STD	XS	XXS
6	1/8	20	3/4	15.9	—	—	15.9	—	—
8	1/4	20	3/4	15.9	—	—	15.9	—	—
10	3/8	25	1	19.1	—	—	19.1	—	—
15	1/2	32	1¼	19.1	19.1	28.6	23.8	23.8	14.3
20	3/4	40	1½	22.2	22.2	31.8	30.2	30.2	19.1

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

支管公称直径		适用主管公称直径 ≥		L/mm			E/mm		
DN	NPS	mm	in	STD	XS	XXS	STD	XS	XXS
25	1	40	1½	27.0	27.0	38.1	36.5	36.5	25.4
32	1¼	65	2½	31.8	31.8	44.5	44.5	44.5	33.3
40	1½	65	2½	33.3	33.3	50.8	50.8	50.8	38.1
50	2	80	3	38.1	38.1	55.6	65.1	65.1	42.9
65	2½	100	4	41.3	41.3	61.9	76.2	76.2	54.0
80	3	125	5	44.5	44.5	73.0	93.7	93.7	73.0
90	3½	150	6	47.0	47.0	—	101.6	101.6	—
100	4	150	6	50.8	50.8	84.1	120.7	120.7	98.4
125	5	200	8	57.2	57.2	93.7	141.3	141.3	122.2
150	6	200	8	60.3	77.8	104.8	169.9	169.9	146.1
200	8	250	10	69.9	98.4	—	220.7	220.7	—
250	10	300	12	77.8	93.7	—	274.6	265.1	—
300	12	350	14	85.7	103.2	—	325.4	317.5	—
350	14	400	16	88.9	100.0	—	357.2	350.9	—
400	16	450	18	93.7	106.4	—	408.0	403.2	—
450	18	500	20	96.8	111.1	—	458.8	455.6	—
500	20	600	24	101.6	119.1	—	508.8	509.6	—
600	24	650	26	115.9	139.7	—	614.4	614.4	—

注：1. 表列“适用主管公称直径”指为一般用途，如需用于更小的主管尺寸，应与制造厂协商。

2. 表列 E 值适用于国际通用系列的钢管尺寸（英制管），如需用于国内沿用系列钢管（公制管）E 值将有所调整，但 L 值不变。

3. 表中所列对焊支管台有 STD、XS、XXS 三种等级，选用较为复杂，为此，用户选用时，必须将主管及支管的公称直径及壁厚等级注明，再可根据上述参数确定符合用户需要的支管台等级及有关结构尺寸，如用于公制管，用户应注明主管及支管的外径和壁厚尺寸。

4. 订货时必须注明主管及支管尺寸、压力等级及材料牌号。如：

WOL 14″×4″ Sch40×STD 16Mn（用于英制管）

WOL 377×108 12×8 16Mn（用于公制管）

④ 短管支管台（见表 27-134、图 27-44）

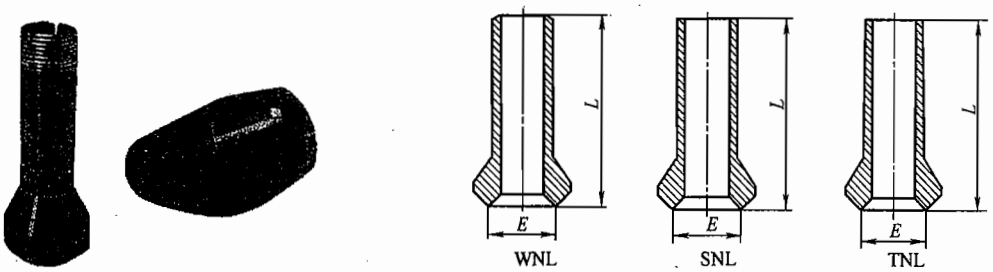


图 27-44 短管支管台

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-134　短管支管台尺寸（Q/DG14）

支管公称直径		适用主管公称直径 ≥		E/mm		L/mm
DN	NPS	DN	NPS	3000	6000	
15	1/2	32	1¼	23.8	14.3	100 150
20	3/4	40	1½	30.2	19.1	
25	1	50	2	36.5	25.4	
32	1¼	65	2½	44.5	33.3	
40	1½	65	2½	50.8	38.1	
50	2	80	3	65.1	42.9	

注：1. 短管支管台长度 L 应在订货时说明。

2. 短管支管台上端的型式有：

SNL　平端　　用于承插焊

WNL　坡口端　　用于对焊

TNL　锥管螺纹(外)　NPT 或 R(订货时应予说明)

3. 按表 27-135 选用支管台的压力等级（用于英制管）；

4. 表列 E 值适用于国际通用系列的钢管尺寸（英制管），如需用于国内沿用系列钢管（公制管）E 值将有所调整。

5. 订货时必须注明主管及支管公称尺寸、压力等级、长度及材料牌号，如用于公制管，应注明主管及支管外径和壁厚尺寸。

SNL　10″×1½″　3000　L100　304（用于英制管）

TNL　159×25　8×3　L150　20（用于公制管）

表 27-135　支管台压力等级

压力等级	适用支管壁厚等级
3000lb	Sch40、Sch80、STD、XS
6000lb	Sch160、XXS

⑤ 斜接支管台（见表 27-136、图 27-45）

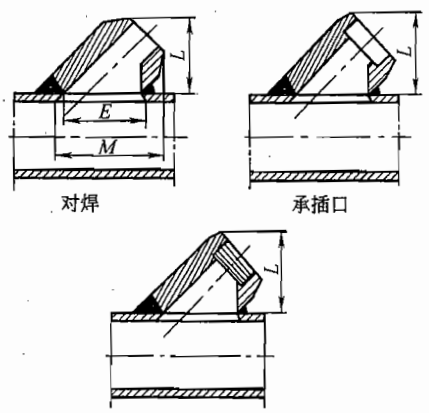


图 27-45　斜接支管台

表 27-136　斜接支管台尺寸（Q/DG15）

支管公称直径		适用主管公称直径 ≥		L /mm	E /mm	M /mm
DN	NPS	DN	NPS	3000		
8	1/4	32	1¼	40	37	59
10	3/8	32	1¼	40	37	59
15	1/2	32	1¼	40	37	59
20	3/4	40	1½	46	44	70
25	1	50	2	54	54	83
32	1¼	65	2½	64	67	97
40	1½	80	3	70	78	108
50	2	100	4	86	105	137

注：1. 斜接支管台上端型式有三种型式，选用时应注明。

2. 3000lb 级斜接支管台用于英制管，适用的支管壁厚等级为 Sch40　Sch80　STD　XS

3. 订货时必须注明主管及支管公称尺寸、压力等级、材料牌号，如用于公制管，应注明主管及支管外径和壁厚尺寸。

SLL　4″×1/2″　3000　20（用于英制管）

WLL　108×18　6×3　20（用于公制管）

⑥ 弯头支管台（Q/DG16）（见表 27-137、表 27-138、图 27-46）

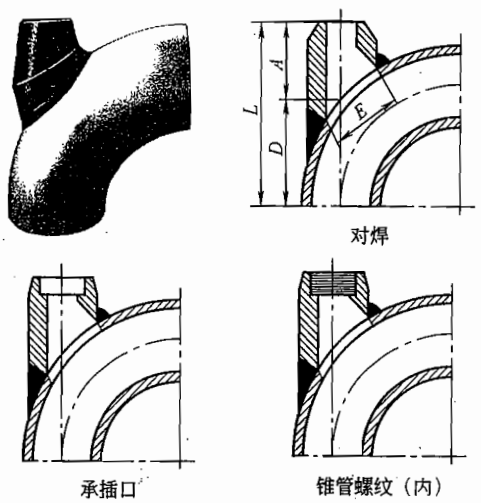


图 27-46　弯头支管台

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-137 弯头支管台尺寸（一）

支管公称直径		适用主管公称直径 ≥		E /mm	A /mm	L /mm
DN	NPS	DN	NPS	3000		
8	1/4	32	1¼	38	40	A+D
10	3/8	32	1¼	38	40	
15	1/2	32	1¼	38	40	
20	3/4	40	1½	44	48	
25	1	52	2	57	57	
32	1¼	65	2½	73	64	
40	1½	80	3	79	68	
50	2	100	1	106	83	

表 27-138 弯头支管台尺寸（二）

弯头公称直径	DN	32	40	50	65	80	100	150	200	250	300
	NPS	1¼	1½	2	2½	3	4	6	8	10	12
D/mm		50	54	72	93	108	144	218	290	362	434

注：1. 尺寸 D 用于符号 ANSI B16.9 的长半径 90°弯头。

2. 弯头支管台的上端有对焊、承插口和锥管螺纹等三种型式，选用时应注明。

3. 3000L 级弯头支管台适用的支管壁厚等级为：Sch40、Sch80、STD、XS

4. 订货时必须注明弯头及支管公称尺寸、压力等级、材料编号，如用于公制管，应注明主管及支管外径和壁厚尺寸。

如：TEL 4″×1/2″ 3000 20（用于英制管）

SEL 108×18 6×3 20（用于英制管）

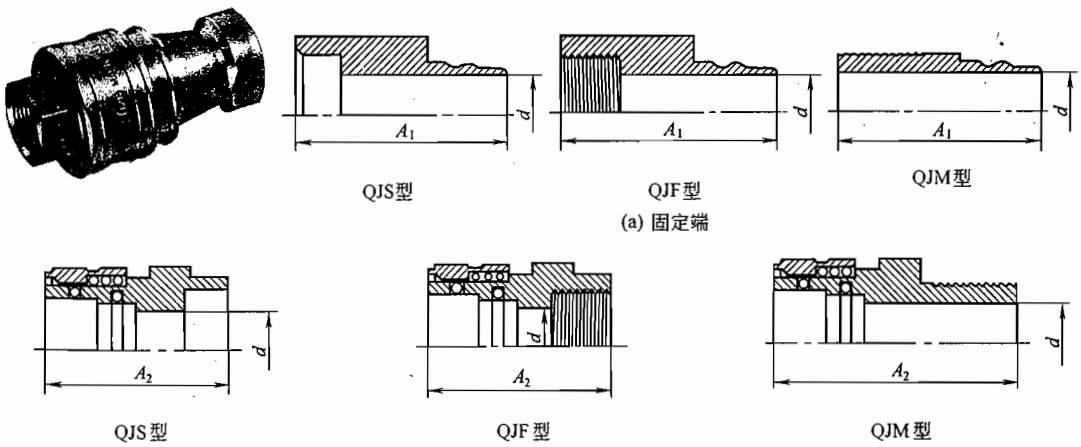


图 27-47 快速接头

表 27-139 快速接头尺寸 /mm

公称直径		固定端				活动端		
DN	NPS	型式	螺纹	A_1	d	型式	螺纹	A_2
15	1/2	F	1/2	46.5	12.7	F	1/2	43.9
		M	1/2	46.7	12.7	M	1/2	52.8
		S	—	46.5	12.7	S	—	43.9
20	3/4	F	3/4	52.8	18.3	F	3/4	48.0
		M	3/4	51.6	18.3	M	3/4	59.2
		S	—	52.8	18.3	S	—	48.0
25	1	F	1	63.5	22.4	F	1	54.1
		M	1	59.4	22.4	M	1	67.0
		S	—	63.5	22.4	S	—	54.1

注：1. 快速（吹扫）接头由固定端及活动端两件组成，根据其端部，可选择 F（内螺纹）、M（外螺纹）、S（承插口）三种型式，并按需要任意组合，但应在订货时注明。

2. 螺纹连接可为 NPT（60°锥管螺纹）、R/R_P 或 R/R_C（55°锥管螺纹）或 G（55°平行管螺纹）均应在订货时注明。

3. 使用压力等级按 2.0MPa 的管法兰压力-温度等级，但最高使用温度受橡胶 O 形圈材料限制（见表 27-140）。

4. QJS/F/M 系浙江瑞安市东海管件制造公司产品型号。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 快速接头

快速接头（QJS/F/M）一般用于公用工程站，其固定端安装在空气、氮气、蒸汽、水等管道的端部，活动端连接于软管端部。

① 使用方法

a. 将活动端的套圈向后推动。

b. 将活动端用力套入固定端的接口。

c. 放松活动端的套圈，套圈在弹簧力推动下，向前复位。

② 拆卸步骤：将活动端的套圈向后推动；将活动端用力从固定端拉出；放松活动端的套圈，套圈在弹簧力推动下，向前复位。

固定端的连接型式有 S（承插）、F（内螺纹）和 M（外螺纹）型式，活动端与软管连接亦有 S、F、M 等型式（见图 27-47），规格尺寸见表 27-139。定购时均应注明。快速接头的构件，除 O 形圈外均采用 20 钢、2Cr13、H62、316 优质不锈钢等材料，如有其他要求，可与制造厂协商，O 形圈材料使用温度范围见表 27-140。

表 27-140　O 形圈材料使用温度范围

材　料	代　号	使用温度范围/℃
乙丙橡胶	EP	−50～+150
丁腈橡胶	NBR	−40～+120
硅橡胶	Si	−70～+250
氟橡胶	FKM	−20～+250
氯丁橡胶	CR	−40～+80

(3) 排污环（见表 27-141、表 27-142、图 27-48）

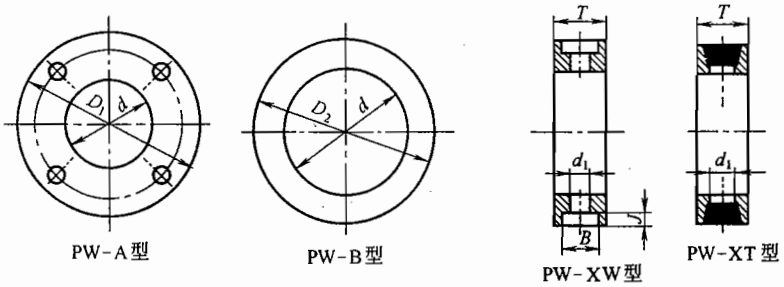


图 27-48

表 27-141　排污环尺寸

公称直径		d	D_1/mm						D_2/mm					
			150	300	600	900	1500	2500	150	300	600	900	1500	2500
DN	NPS		2.0 MPa	5.0 MPa	10.0 MPa	15.0 MPa	25.0 MPa	42.0 MPa	2.0 MPa	5.0 MPa	10.0 MPa	15.0 MPa	25.0 MPa	42.0 MPa
25	1	33	108	124	124	149	149	159	63.5	69	69	75.5	75.5	82
32	1¼	42	118	133	133	159	159	184	73	78.5	78.5	85	85	100
40	1½	48	127	156	156	178	178	203	82.5	92.5	92.5	94	94	113
50	2	60	152	165②	165②	216①	216①	235①	100.5	107	107	139	139	141.5
65	2½	73	178	191	191	245	245	267	119.5	127	127	160.5	160.5	164
80	3	89	191	210	210	241	267	305	132.5	146.5	146.5	164.5	170	192.5
100	4	114	229	254	273	292	311	356	170.5	178	190	202	205.5	231
125	5	141	254	279	330	349	375	394	191	213	237	243	250	276
150	6	168	279	318	356	381	394	483	219.5	248	262	284.5	278.5	313.5
200	8	219	343	381	419	470	483	553	276.5	304	316	354.5	348.5	383
250	10	273	406	445	508	546	584	673	336	357	396	431	430.5	471.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		d	D_1/mm						D_2/mm					
			150	300	600	900	1500	2500	150	300	600	900	1500	2500
DN	NPS		2.0 MPa	5.0 MPa	10.0 MPa	15.0 MPa	25.0 MPa	42.0 MPa	2.0 MPa	5.0 MPa	10.0 MPa	15.0 MPa	25.0 MPa	42.0 MPa
300	12	324	483	521	559	610	673	762	406	418	453	494.5	515.5	543
350	14	355	533	584	603	641	749		446	481.5	488	517	575	
400	16	406	597	648	686	705	826		510	535.5	561	571	637	
450	18	457	635	711	743	787	914		545	592.5	609	634	698.5	
500	20	508	699	775	813	857	984		602	650	679	693.5	752	
600	24	609	813	914	940	1041	1168		713.5	771	786	833.5	896.5	

① 仅适用于排污口尺寸为½英寸和1英寸。

② 仅适用于排污口尺寸为½英寸。

表 27-142 排污口尺寸 /mm

排污口尺寸	类型	厚度 T	管螺纹 NPT 或 Rc	d_1	排污口尺寸	类型	厚度 T	B_{min}	d_1	J_{min}
1/2″	T-1	38	1/2″	15	1/2″	W-1	38	21.8	15	10
3/4″	T-2	38	3/4″	15	3/4″	W-2	38	27.4	15	13
1″	T-3	45	1″	25	1″	W-3	45	34.2	25	13

注：1. 排污环夹持于两法兰之间型式有 AT、BT、AW、BW 四种。A 型外径较大带螺栓孔；B 型外径较小不带螺栓孔；T 型为管螺纹有 NPT Rc 及 G，订货时应注明；W 型为承插焊。根据接管（排污放空口）大小从½″～1″，有 1、2、3 类型。

型号示例：AT-2 型 NPT 2.0MPa *DN*150 BW-1 型 5.0MPa *DN*300

2. 排污口一般用于 RF 法兰密封面，材料同法兰两侧密封面加工粗糙度一般为 R_a6.3。

3. 排污环开孔为 180°分布两个：T 型应包括螺纹管塞两个；W 型应包括圆柱管塞一个。

4. 螺栓中心圆、螺栓孔按相应法兰要求。

5. PWA/B/W/T 系浙江瑞安市东海管件制造公司产品型号。

(4) 盲板、插环、八字盲板（见表 27-143、表 27-144、图 27-49）

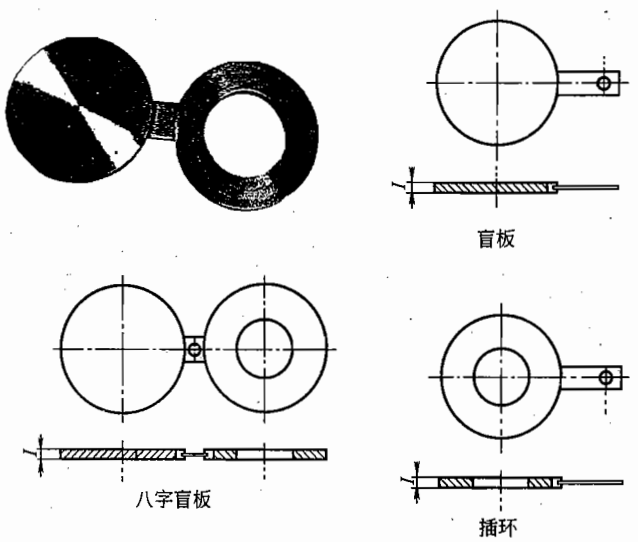


图 27-49 盲板、插环和八字盲板

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-143　盲板、插环、八字盲板尺寸（美国体系管法兰用）

公称直径		l/mm						公称直径		l/mm					
		150 2.0 MPa	300 5.0 MPa	600 10.0 MPa	900 15.0 MPa	1500 25.0 MPa	2500 42.0 MPa			150 2.0 MPa	300 5.0 MPa	600 10.0 MPa	900 15.0 MPa	1500 25.0 MPa	2500 42.0 MPa
DN	NPS							*DN*	NPS						
15	1/2	3	6	6	6	6	10	125	5	10	16	19	22	28	35
20	3/4	3	6	6	6	10	10	150	6	13	16	22	25	35	41
25	1	3	6	6	6	10	10	200	8	13	22	28	35	41	54
32	1¼	6	6	10	10	10	13	250	10	16	25	35	41	51	67
40	1½	6	6	10	10	13	16	300	12	19	28	41	48	60	79
50	2	6	10	10	13	13	16	350	14	19	32	44	54	67	—
65	2½	6	10	13	13	16	19	400	16	22	38	51	60	76	—
80	3	6	10	13	16	19	22	450	18	25	41	54	67	86	—
90	3½	10	13	16	—	—	—	500	20	28	44	64	73	95	—
100	4	10	13	16	19	22	28	600	24	32	51	73	89	111	—

注：1. 本系列产品符合 AP1590 要求，用于符合下列要求的突面法兰：ANSI B16.5，SH 3406，ISO 7005—1 GB 9112～9124，HG 20615（美洲体系）。

2. 盲板　插环及 8 字盲板厚度均已包括腐蚀裕量；碳钢　低合金钢　低温钢　1.3mm；不锈钢　0mm。

3. 本系列产品适用于平垫片，如用于其他型式垫片（如八角垫等）应与制造厂协商，并调整厚度。

4. 也可按 HG 21547—1993 要求生产。

表 27-144　盲板、插环、八字盲板尺寸（欧洲体系管法兰用）

公称直径 *DN* /mm	l/mm					公称直径 *DN* /mm	l/mm				
	0.6MPa	1.0MPa	1.6MPa	2.5MPa	4.0MPa		0.6MPa	1.0MPa	1.6MPa	2.5MPa	4.0MPa
15	8	8	8	8	8	150	12/10	10/8	15/13	17/15	21/19
20	8	8	8	8	8	200	14/12	12/10	17/15	21/19	27/25
25	8	8	8	8	9/8	250	17/15	13/11	20/18	25/23	32/30
32	8	8	8	8	10/8	300	19/17	15/13	23/21	29/27	37/35
40	8	8	8	9/8	10/8	350	21/19	17/15	26/24	33/31	42/40
50	8	8	9/8	10/8	12/10	400	23/21	18/16	29/27	36/34	48/46
65	8	8	10/8	11/9	13/11	450	25/23	20/18	32/30	39/37	50/48
80	8	8	10/8	12/10	14/12	500	28/26	22/20	35/33	43/41	54/52
100	10/8	8	12/10	14/12	16/14	600	32/30	25/23	41/39	51/49	65/62
125	11/9	9/8	13/11	16/14	19/17						

注：1. 本系列产品符合 HG 21547—1993 要求，用于符合下列要求的突面法兰：GB 9113～9122、HG 20592（欧洲体系）、ISO 7005—1、DIN、JB 管法兰。

2. 盲板　插环及 8 字盲板厚度均已包括腐蚀裕量；碳钢　低合金钢　低温钢　2.0mm；不锈钢　0mm。

3. 表中有分子/分母者，分子为碳钢、低合金钢厚度；分母为不锈钢厚度。

4. 本系列产品适用于平垫片，如用于其他型式垫片（如八角垫等）应与制造厂协商，并调整厚度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(5) 异径短节（MSS SP95、BS3799）（见表 27-145，表 27-146，图 27-50）

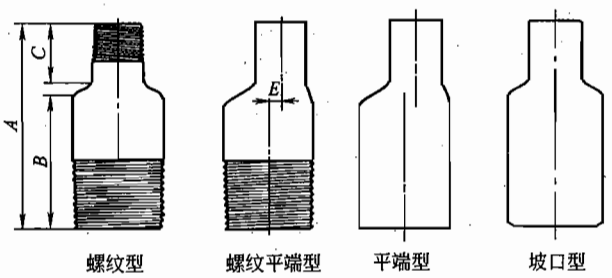


图 27-50

表 27-145 异径短节尺寸 /mm

公称直径		A	B	C	E	公称直径		A	B	C	E
DN	NPS					DN	NPS				
10×8	3/8×1/4	64	36	16	1.7	50×25	2×1	165	108	29	13.0
15×8	1/2×1/4	70	37	19	1.9	50×32	2×1¼	165	108	29	9.1
15×10	1/2×3/8	70	37	19	1.05	50×40	2×1½	165	108	29	6.0
20×8	3/4×1/4	76	37	22	6.5	65×15	2½×1/2	178	114	32	25.1
20×10	3/4×3/8	76	37	22	4.8	65×20	2½×3/4	178	114	32	23.2
20×15	3/4×1/2	76	37	22	2.7	65×25	2½×1	178	114	32	19.4
25×8	1×1/4	89	51	22	10.2	65×32	2½×1¼	178	114	32	15.5
25×10	1×3/8	89	51	22	8.6	65×40	2½×1½	178	114	32	12.4
25×15	1×1/2	89	51	22	6.5	65×50	2½×2	178	114	32	6.4
25×20	1×3/4	89	51	22	3.0	80×15	3×1/2	203	133	41	33.8
32×8	1¼×1/4	102	64	22	14.2	80×20	3×3/4	203	133	41	31.1
32×10	1¼×3/8	102	64	22	12.5	80×25	3×1	203	133	41	27.3
32×15	1¼×1/2	102	64	22	10.4	80×32	3×1¼	203	133	41	23.4
32×20	1¼×3/4	102	64	22	7.7	80×40	3×1½	203	133	41	20.3
32×25	1¼×1	102	64	22	3.9	80×50	3×2	203	133	41	14.3
32×8	1½×1/4	114	70	25	17.3	80×65	3×2½	203	133	41	7.9
40×10	1½×3/8	114	70	25	15.6	100×15	4×1/2	229	140	48	46.5
40×15	1½×1/2	114	70	25	13.5	100×20	4×3/4	229	140	48	43.8
40×20	1½×3/4	114	70	25	12.6	100×25	4×1	229	140	48	40.0
40×25	1½×1	114	70	25	6.9	100×32	4×1¼	229	140	48	36.1
40×32	1½×1¼	114	70	25	3.0	100×40	4×1½	229	140	48	33.0
50×8	2×1/4	165	108	29	23.3	100×50	4×2	229	140	48	27.0
50×10	2×3/8	165	108	29	21.6	100×65	4×2½	229	140	48	20.6
50×15	2×1/2	165	108	29	19.5	100×80	4×3	229	140	48	12.7
50×20	2×3/4	165	108	29	16.8						

注：选用时，应予注明，对锥管螺纹还应注明 NPT 或 R。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-146　异径短节型式

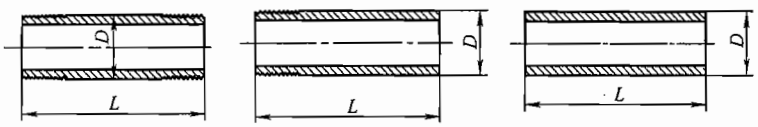
型　式	大　端	小　端	代　号
A	平	平	BEP
B		坡口	SEB
C		螺纹	SET
D	坡口	平	LEB
E		坡口	BEB
F		螺纹	LEB/SET
G	螺纹	平	LET
H		坡口	LET/SEB
I		螺纹	BET

注：1. 异型短节大端及小端型式分别有平端、坡口端、锥管外螺纹端三种：大、小端的各种组合共计有九种配合可能。

2. 异型短节壁厚一般为 Sch80（3000）、Sch160（6000），平端、坡口端或管螺纹端。

3. 本系列产品符合 MSS SP95 和 BS3799 要求。

(6) 短节（见表 27-147、图 27-51）（HG 20553、SH 3405、GB/T 3091、GB/T 3092）



A 型两端管螺纹　　B 型一端管螺纹一端平　　C 型两端平

图 27-51

表 27-147　短节尺寸

国际通用系列短节(英制管)						中国沿用系列短节(公制管)			
公称直径		外径 /mm	Sch40 STD Sch80 XS	Sch160 XXS	L /mm	公称直径 DN	外径 D /mm	厚度 /mm	L /mm
DN	NPS								
8	1/4	13.5	○		100 150 200	10	14	2～5	100 150 200
10	3/8	17.2	○			15	18		
15	1/2	21.3	○	○		20	25		
20	3/4	26.7	○	○		25	32		
25	1	33.4	○	○		32	38		
32	1¼	42.2	○	○		40	45		
40	1½	48.3	○	○		50	57		
50	2	60.3	○	○					

注：1. 短管（英制管）有 A、B、C 三种型式，短管（公制管）仅有 C 型。“○”表示有此规格产品。

2. 订货示例：A（NPT）1/2″Sch80 L150 304 不锈钢（英制管）　φ18×2 L100 20 钢（公制管）。

2.6　垫片

2.6.1　欧洲体系垫片

(1) 非金属平垫片（详见 HG 20606—1997）

(2) 聚四氟乙烯包覆垫片（详见 HG 20607—1997）

(3) 柔性石墨复合垫片（详见 HG 20608—1997）

(4) 金属包覆垫片（详见 HG 20609—1997）

(5) 缠绕式垫片（详见 HG 20610—1997）

(6) 齿形组合垫（详见 HG 20611—1997）

(7) 金属环垫（详见 HG 20612—1997）

2.6.2　美洲体系垫片

(1) 非金属平垫片（详见 HG 20627—1997）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 聚四氟乙烯包覆垫片（详见 HG 20628—1997）

(3) 柔性石墨复合垫片（详见 HG 20629—1997）

(4) 金属包覆垫片（详见 HG 20630—1997）

(5) 缠绕式垫片（详见 HG 20631—1997）

(6) 齿形组合垫（详见 HG 20632—1997）

(7) 金属环垫（详见 HG 20633—1997）

2.7 紧固件

2.7.1 欧洲体系紧固件（见 HG 20613—1997）

2.7.2 美洲体系紧固件（见 HG 20634—1997）

3 管道附件

3.1 过滤器

3.1.1 过滤器选用原则

① 一般根据介质的性质和温度、压力选用过滤器的类型。

② 过滤器承受的压力等级一般比管子内介质压力高一个档次。

③ 对于凝固点较高、黏度较大、含悬浮物较多、停输时需经常吹扫的介质，宜选用卧式安装的反冲洗过滤器。

④ 对固体杂质含量较多、黏度较大的介质，宜选用篮式过滤器。

⑤ 对易燃、易爆、有毒的介质，宜采用对焊连接的过滤器，当直径小于 *DN*40 时，宜采用承插焊连接的过滤器。

⑥ 介质流向有 90°变化处宜选用折流式 T 型过滤器。

⑦ 设置在泵入口管道上的临时性过滤器，宜选用锥型过滤器。

⑧ 管道直径小于 *DN*400 时，宜选用 Y 型及 T 型过滤器；管道直径大于或等于 *DN*400 时，宜选用篮式过滤器。

⑨ 永久性过滤器，当 *DN*≤80 时用 Y 型，当 *DN*>80 时用 T 型。临时过滤器当 *DN*≤100 时用锥型，当 *DN*>100 时用 I 型。

3.1.2 过滤器常用标准和主要技术参数

(1) 常用标准

① 美洲体系（SH/T 3411—1999）

② 欧洲体系（HG/T 21637—1991）

(2) 过滤器主要技术参数

① 美洲体系

公称压力：2.0、5.0、10.0MPa；

公称直径：15～600mm；

适用温度：－80～540℃。

② 欧洲体系

公称压力：0.6、1.0、2.5、4.0MPa；

公称直径：15～600mm；

适用温度：－196～400℃。

3.1.3 过滤器的结构型式和特性（见表 27-149、表 27-150）

3.2 阻火器（SH/T 3413—1999）

3.2.1 阻火器的选用原则

① 阻火器壳体应能承受介质的压力和允许温度，还要能耐介质的腐蚀。

② 填料应有一定强度，且不能和介质起化学反应。

③ 阻火器的结构类型主要根据介质的化学性质、温度和压力等选用。

一般介质的使用压力不大于 1.0MPa，温度小于 80℃时，均采用碳钢镀锌铁丝网阻火器。特殊的介质如乙炔气管道，特别是压力大于 0.15MPa 的高压乙炔气管道，应采用特殊的阻火器，工作压力允许达到 2.5MPa 时，制造要求较高。

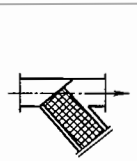
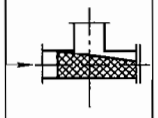
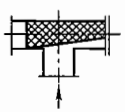
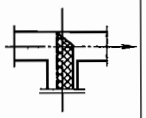
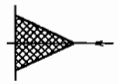
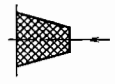
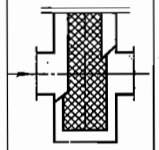
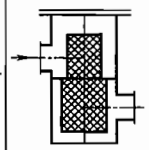
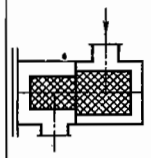
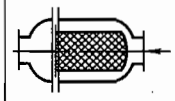
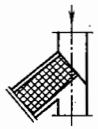
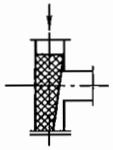
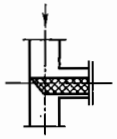
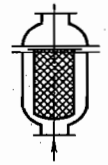
3.2.2 阻火器主要技术参数（见表27-148、表 27-151）

表 27-148 阻火器结构、材料和密封面代号

阻火元件类型/代号	结构型式/代号	主体材料/代号		密封面型式/代号
波纹式/W	通风罩式/H	20 钢/Ⅰ	0Cr17Ni12Mo2 (316)/Ⅶ	突面/RF
		0Cr19Ni9 (304)/Ⅳ	00Cr17Ni14Mo2 (316L)/Ⅷ	
圆片式/P	两端法兰(管道用)/L_1	00Cr19Ni11 (304L)/Ⅴ	ZL102/Ⅸ	平面/FF
	两端法兰式/L			锥管内螺纹/PT
	两端法兰(抽屉)式/LA	0Cr18Ni11Ti (321)/Ⅵ		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表27-149 过滤器的结构型式和特性（美洲体系）

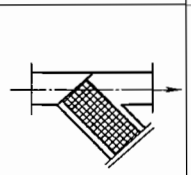
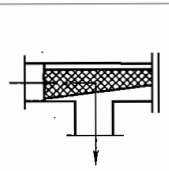
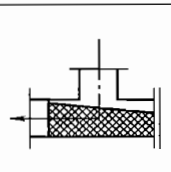
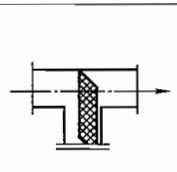
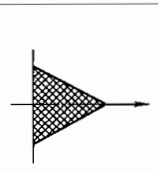
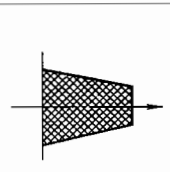
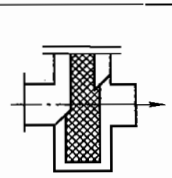
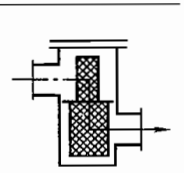
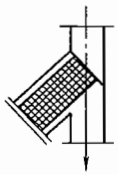
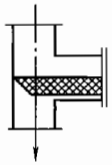
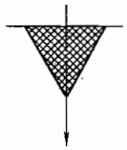
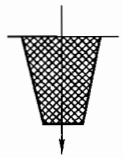
特性		型式/代号									
		铸制Y型	正折流式T型 异径正折流式T型	反折流式T型	直流式T型	尖顶锥型	平顶锥型	直通平底篮式 直通封头篮式	高低接管平板篮式 高低接管封头篮式 高低接管重叠式篮式	卧式反冲洗式	导流反冲洗式
		SRY	SRTⅠ SRTⅢ	SRTⅡ	SRTⅣ	SRZⅠ	SRZⅡ	SRBⅠ SRBⅡ	SRBⅢ SRBⅣ SRBⅤ	SRFⅠ	SRFⅡ
推荐安装方式及流向	水平管线										
	垂直管线										
结构		简单	较简单	较简单	较复杂	简单	简单	较复杂	较复杂	较复杂	较复杂
体积		中	中	中	较小	小	小	大	大	较大	较大
质量		中	中	中	中	轻	轻	重	重	较重	较重
过滤面积		中	中	中	小	小	较小	较大	大	大	大
流体阻力		中	中	中	大	大	较大	较小	小	小	小
滤筒装拆		方便	方便	方便	方便	较方便	较方便	方便	方便	较不方便	较不方便
滤筒清洗		方便	方便	方便	方便	方便	方便	方便	较不方便	方便	方便

注：1. 结构长度详见 SH/T 3411—1999。

2. 生产厂：温州四方化工机械厂，无锡市石化通用件厂生产等。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表27-150 过滤器的结构型式和特性（欧洲体系）

特性		型式/代号							
		铸制Y型	正折流式T型	反折流式T型	直流式T型	尖顶锥型	平顶锥型	双滤筒式罐型	多滤筒式罐型
		SY_1	ST_1	ST_2	ST_3	SC_1	SC_2	SD_1	SD_2
允许的安装方式及流向	水平								
	垂直								
结构		简单	较简单	较简单	较复杂	简单	简单	较复杂	较复杂
体积		中	中	中	较小	小	小	大	大
质量		较重	中	中	中	轻	轻	重	重
过滤面积		中	中	中	小	小	较小	较大	大
流体阻力		中	中	中	大	大	较大	较小	小
滤筒装拆		方便	方便	方便	方便	较方便	较方便	方便	方便
滤筒清洗		方便	方便	方便	方便	方便	方便	方便	较不方便

注：1. 结构尺寸详见HG/T 21637—1991。

2. 生产厂：温州四方化工机械厂，无锡市石化通用件厂等。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-151　阻火器工作压力、工作温度和公称直径

工作压力/MPa	工作温度/℃	公称直径/mm					
		FWH 型	FPH 型	FWL 型	FWLA 型	FPL 型	FWL1 型
0.6；1.0	≤200	40～200	25～100	25～250	25～200	25～300	20～350

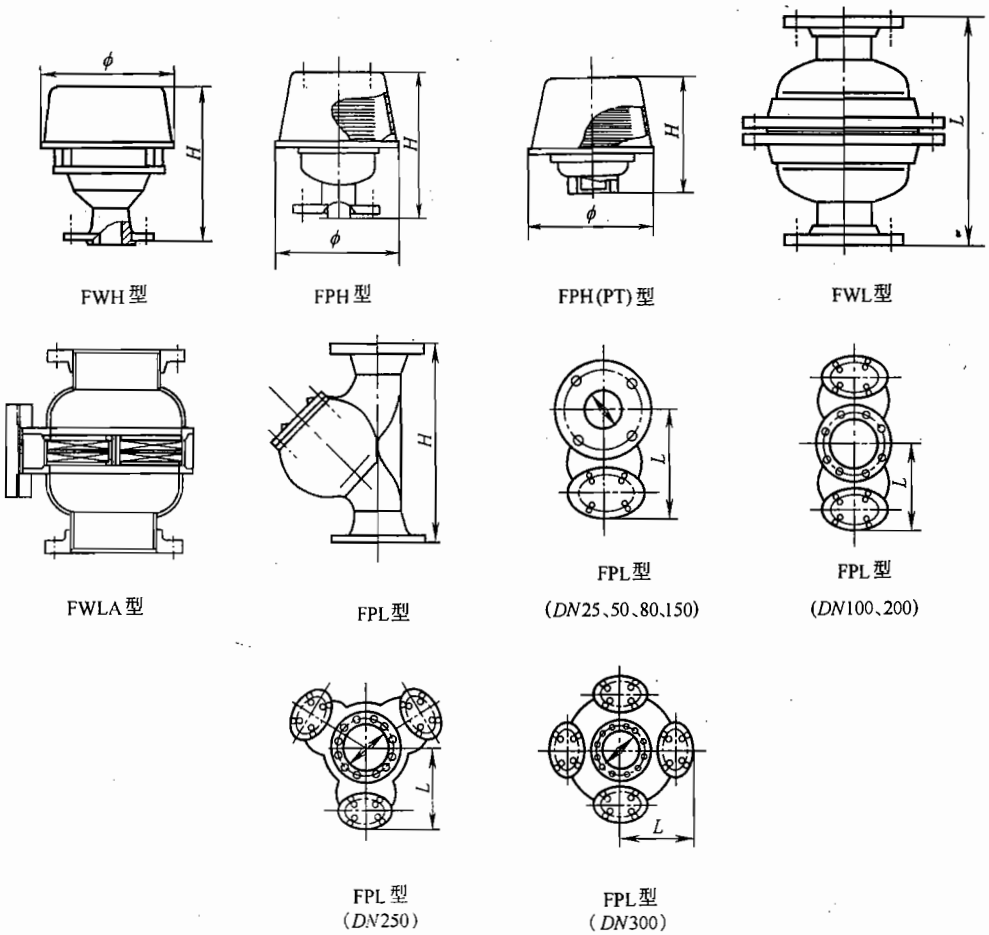


图 27-52　阻火器结构外形

3.2.3　阻火器结构长度（见表 27-152、图 27-52）

表 27-152　阻火器结构长度 *H*（或 *L*）　/mm

型号	公称直径													
	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350
FWH				235	250		315	328		395	430			
FPH		150			210		260	290						
FPH(PT)		130			150		180	260						
FWL							302	348		385	460	490		
FWLA		180			210		230	310		400	445			
FPL		180			280		340	370		540	605	615	715	
FWL	180	220	250	320	336	370	430	530	656	720	730	860	920	920

注：生产厂：温州四方化工机械厂、上海喷嘴厂生产等。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.3 视镜

视镜系根据输送介质的化学性质、物理状态及工艺要求来选用。视镜的材料基本和管子材料相同，如碳钢管采用钢制视镜，不锈钢管子采用不锈钢视镜，硬聚氯乙烯管子采用硬聚氯乙烯视镜。需要变径的可采用异径视镜，需要多面窥视的可采用双面视镜，需要代替三通功能的可选用三通视镜。

(1) 视镜类型和代号（见表 27-153）

(2) 视镜结构型式和代号（见表 27-154）

表 27-153 视镜类型和代号

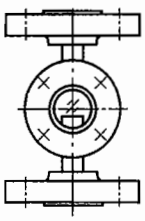
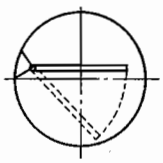
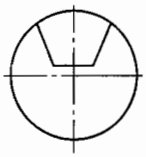
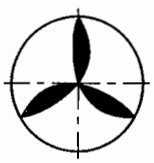
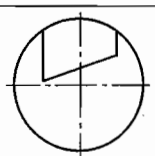
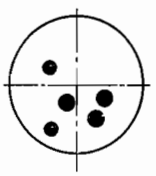
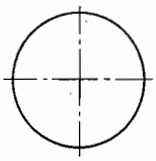
视镜类型	代号
对夹式	S1
单压式	S2
衬套式	S3
螺纹压紧式	S4
框式对夹式	S5
框式单压式	S6
管式	S7

(3) 视镜主体材料和代号（见表 27-155）

(4) 视镜密封面型式和代号（见表 27-156）

(5) 视镜主要技术参数（见表 27-157）

表 27-154 视镜结构型式和代号

结构型式	示意图	代号	结构型式	示意图	代号
直径式		A	摆板式		P
缩颈式		B	叶轮式		R
偏颈式		C	浮球式		F
无颈式		D			

注：若系铸造应在结构型式代号后加“Z”。

表 27-155 视镜主体材料和代号

主体材料	代号
20 钢	Ⅰ
0Cr19Ni9(304)	Ⅳ
00Cr19Ni11(304L)	Ⅴ
0Cr18Ni11Ti(321)	Ⅵ
0Cr17Ni12Mo2(316)	Ⅶ
00Cr17Ni12Mo2(316L)	Ⅷ
铝合金	Ⅸ
钢合金	Ⅱ

表 27-156 视镜密封面型式和代号

密封面型式	代号
突面(凸台面)	RF
凹凸面	M/FM
环槽面	RJ
全平面	FF
锥管内螺纹	RC
榫槽面	T/G

表 27-157 技术参数

设计压力/MPa	公称直径/mm	工作温度/℃	主体材料
0.6～2.5	8～150	0～180	见表 27-155

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(6) 视镜的结构长度（见表 27-158、图 27-53）

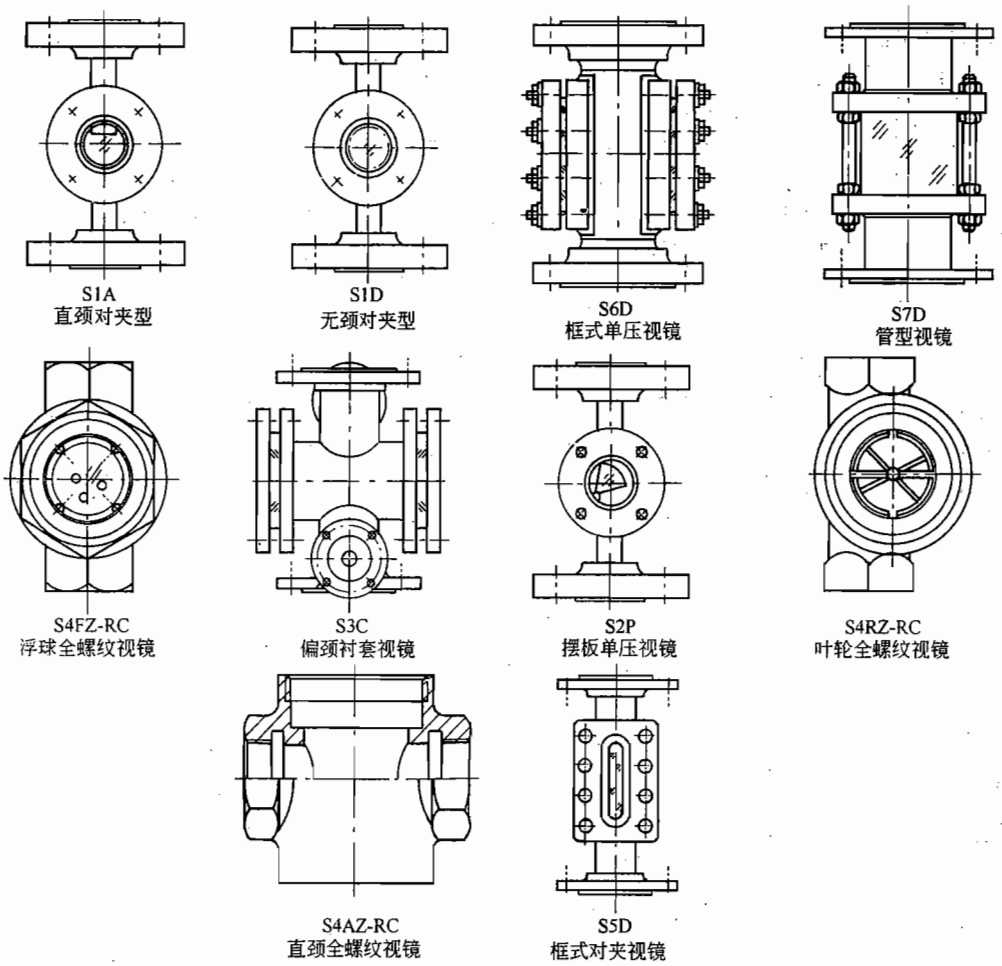


图 27-53　视镜的结构型式

表 27-158　视镜的结构长度

型号	公称直径/mm											
	8	10	15	20	25	40	50	65	80	100	125	150
S1A		140/160	140/160	160/180	160/180	180/200						
S1D		140/160	140/160	160/180	160/180	180/200						
S6D							210/230	220/250	230/250	230/260		
S7D			220	220	220	220	240	240				
S4FZ-RC		76	85	95	110	135	160					
S3C			195/195	195/195	205/205	225/225	250/250	270/270	300/300	330		
S2P							250/270	270/320	270/380	320		
S4RZ-RC			100/100	100/100								
S4AZ-RC			89/89	89/89	89/89							
S5D			200/200	200/200	210/210	210/230						

注：1. 公称直径栏中，分子为 $PN\leqslant 1.6$MPa 长度，分母为 $PN2.5$MPa 长度。

2. 型号 S7D 的 $PN=0.25$MPa。

3. 生产厂：温州四方化工机械厂、无锡市石化通用件厂等。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.4 喷嘴

(1) 型号标记示例

NFC-1 NPTF L Ⅶ 40/0.2

- 流量(40l/min,0.2MPa) 见表 27-160～表 27-164
- 材料(主体材料 316)见表 27-165
- 左旋螺纹,右旋不标注
- 连接型式(美国锥管内螺纹)见表 27-159
- 喷嘴型式及公称直径(英寸)(满锥型 1 喷嘴) 见表 27-159

表 27-159

喷嘴型式/代号	连接型式/代号
满锥型/NFC	锥管内螺纹(55°)/RC
空锥型/NHC	锥管外螺纹(55°)/R
大水幕型/NDF	锥管内螺纹(60°)/NPTF
	锥管外螺纹(60°)/NPT

(2) 技术参数示例 (见表 27-160～表 27-165，图 27-54)

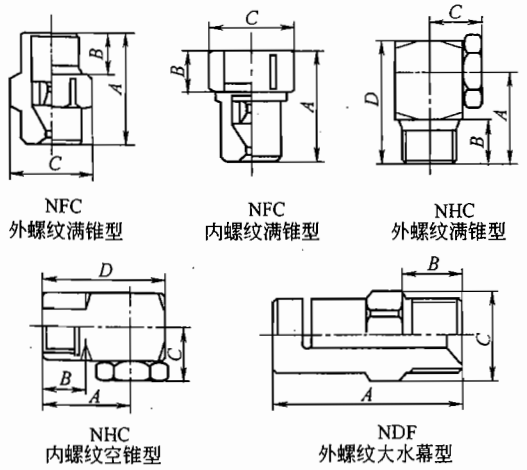


图 27-54 喷嘴的结构类型

表 27-160 NFC (TM) 外螺纹满锥型 /mm

型 号	A	B	C 面距	Q/(L/min) 0.2MPa	α 喷散角/(°)
NFC-1/4R	28	12	17	3～5	85～90
NFC-3/8R	37	15	21	5～10	85～90
NFC-1/2R	44	17	26	10～20	85～90
NFC-3/4R	52	20	32	20～35	85～90
NFC-1R	65	21	38	35～65	85～90
NFC-1¼R	80	25	52	65～120	85～90

注：表 27-159～表 27-163 为温州四方化工机械厂产品。

表 27-161 NFC (TF) 内螺纹满锥型/mm

型 号	A	B	C 面距	Q/(L/min) 0.2MPa	α 喷散角/(°)
NFC-1/2RC	46	19	26	10～20	85～90
NFC-3/4RC	54	22	32	20～35	85～90
NFC-1RC	67	24	42	35～65	85～90
NFC-1½RC	82	27	56	65～120	85～90

表 27-162 NHC (TM) 外螺纹空锥型/mm

型 号	A	B	C	D	Q/(L/min) 0.2MPa	α 喷散角/(°)
NHC-1/4R	25	13	16	36	2～5	75～85
NHC-3/8R	30	16	19	44	5～15	75～85
NHC-1/2R	37	17	23	52	15～30	75～85
HHC-3/4R	43	19	28	62	30～45	75～85
NHC-1R	50	21	30	72	45～60	75～85
NHC-1¼R	52	23	38	78	60～120	75～85

表 27-163 NHC (TF) 内螺纹空锥型/mm

型 号	A	B	C	D	Q/(L/min) 0.2MPa	α 喷散角/(°)
NHC-1/2RC	37	17	23	52	15～30	75～85
NHC-3/4RC	43	19	28	52	30～45	75～85
NHC-1RC	50	21	30	72	45～60	75～85
NHC-1½RC	52	23	38	78	60～120	75～85

表 27-164 NDF (TM) 外螺纹大水幕型/mm

型号	A	B	C	额定压力下流量 Q/(L/min) 0.125 MPa	0.15 MPa	0.175 MPa	0.20 MPa	α 喷散角/(°)
NDF-1/4R	30	12	15	2～4	2.2～4.4	2.5～5	2.7～5.5	90～120
NDF-3/8R	36	13	18	4～6	4.4～6.6	5～7	5.5～7.5	100～120
NDF-1/2R	42	16	22	6～26	6.6～28	7～30	7.5～32	120～130
NDF-3/4R	52	18	30	26～50	28～55	30～65	32～65	120～130

(3) 材料 (见表 27-165)

表 27-165

材料/代号	材料/代号
20 钢/Ⅰ	0Cr18Ni11Ti(321)/Ⅵ
0Cr19Ni9(304)/Ⅳ	0Cr17Ni12Mo2(316)/Ⅶ
00Cr19Ni11(304L)/Ⅴ	00Cr17Ni14Mo2(316L)/Ⅷ

3.5 软管 (SH/T 3412—1999)

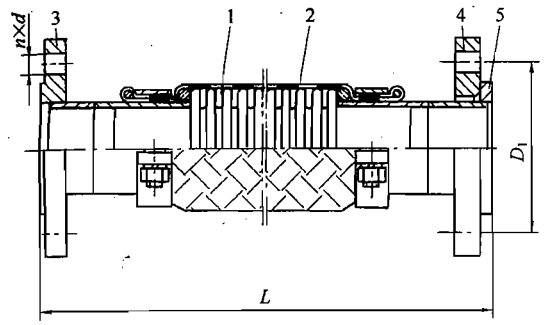
3.5.1 金属软管

(1) 储罐抗震金属软管

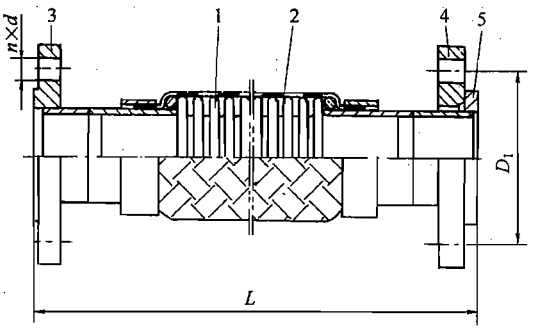
安装于储罐的进出口管系，主要作用是减轻储罐的地震破坏、补偿储罐的地基下沉，管线的热胀冷缩以及施工时的安装偏差。

其结构外形和规格尺寸见表 27-166、表 27-167 和图 27-55。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



(40≤*DN*≤150)



(200≤*DN*≤700)

图 27-55

1—波纹管；2—网套；3—平焊法兰；4—松套法兰；5—密封座

注：1. 软管结构特点：采用钢带网套；ϕ40～ϕ150 采用机械夹固结构，ϕ200～ϕ700 采用焊接式结构；两端为法兰连接，一端平焊，一端松套。

2. 产品代号标注方法

公称压力 | KZJR | 公称直径 | 法兰材料 - 软管长度

法兰材料：A 表示碳钢，F 表示不锈钢。

表 27-166　储罐抗震金属软管尺寸　/mm

公称直径 *DN*	公称压力 /MPa	*PN*=1.0MPa		*PN*=1.6MPa		*PN*=2.5MPa	
		D_1	$n\times d$	D_1	$n\times d$	D_1	$n\times d$
40	1.0 1.6 2.5	ϕ110	4×ϕ18	ϕ110	4×ϕ18	ϕ110	4×ϕ18
50		ϕ125		ϕ125		ϕ125	
65		ϕ145		ϕ145		ϕ145	8×ϕ18
80		ϕ160		ϕ160	8×ϕ18	ϕ160	
100		ϕ180	8×ϕ18	ϕ180		ϕ190	8×ϕ23
125		ϕ210		ϕ210		ϕ220	8×ϕ25
150		ϕ240	8×ϕ23	ϕ240	8×ϕ23	ϕ250	
200		ϕ295		ϕ295	12×ϕ23	ϕ310	12×ϕ25
250		ϕ350	12×ϕ23	ϕ355	12×ϕ25	ϕ370	12×ϕ30
300		ϕ400		ϕ410		ϕ430	16×ϕ30
350		ϕ460	16×ϕ23	ϕ470	16×ϕ25	ϕ490	16×ϕ34
400		ϕ515	16×ϕ25	ϕ525	16×ϕ30	ϕ550	
450		ϕ565	20×ϕ25	ϕ585	20×ϕ30	ϕ600	20×ϕ34
500		ϕ620		ϕ650	20×ϕ34	ϕ660	20×ϕ41
600	1.0～1.6	ϕ725	20×ϕ30	ϕ770	20×ϕ41	—	—
700	1.0	ϕ840	24×ϕ30	—	—	—	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-167 储罐抗震金属软管产品长度

公称直径 DN	最大横向位移量 Y/mm							
	50	100	150	200	250	300	350	400
	金属软管全长 L/mm							
40	500	700	900	1000	1100	1200	1300	1400
50	600	800	1000	1100	1200	1300	1400	1500
65	700	900	1100	1200	1300	1400	1500	1600
80	800	1000	1200	1300	1400	1500	1600	1700
100	900	1200	1300	1500	1600	1700	1800	1900
125	1000		1400	1600	1700	1900	2000	2100
150		1300	1500		1800		2100	2200
200	1200	1500	1700	1800	2000	2200	2400	2500
250	1300	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900
300	1500	1900	2200	2400	2600	2800	3000	3200
350	1600	2000	2300	2600	2800	3000	3200	3400
400	1700	2100	2500	2800	3100	3300	3600	3800
450								
500	1800	2200	2600	2900	3200	3400	3700	4000
600	1900	2400	2800	3100	3400	3700	3900	4200
700	2100	2600	3000	3400	3600	4000	4200	4500

(2) 泵连接管

无接管泵连接管见图 27-56、表 27-168，有接管结构见表 27-169、图 27-57。

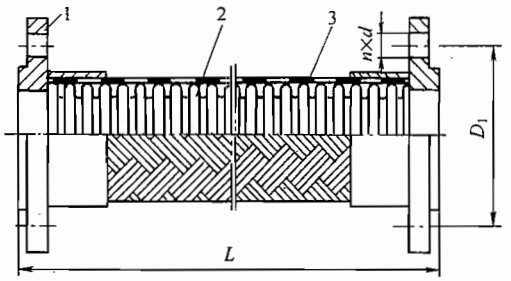


图 27-56

1—法兰；2—波纹管；3—网套

注：产品代号标注方法

公称压力 JRH 公称直径 — A 11

A 为碳钢法兰；F 为不锈钢法兰

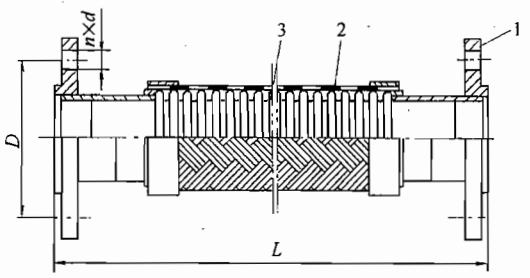


图 27-57

1—法兰；2—网套；3—波纹管

注：产品代号标注方法

压力等级 JRH 公称直径 — A 21

A 为碳钢法兰；F 为不锈钢法兰

表 27-168 规格尺寸

产品代号	公称直径 DN/mm	公称压力 /MPa	平焊法兰/mm		产品长度 L/mm（推荐值）
			D_1	$n\times d$	
25JRH50A/F11	50	≤2.5	125	4×φ18	250
25JRH65A/F11	65		145	8×φ18	255
25JRH80A/F11	80		160	8×φ18	265
16JRH100A/F11	100	≤1.6	180	8×φ18	295
16JRH125A/F11	125		210	8×φ18	340
16JRH150A/F11	150		240	8×φ23	355
16JRH200A/F11	200		295	12×φ23	385
16JRH250A/F11	250		355	12×φ25	445
10JRH300A/F11	300	≤1.0	410	12×φ25	460
10JRH350A/F11	350		470	16×φ25	500
10JRH400A/F11	400		525	16×φ30	550

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-169　规格尺寸　/mm

产品代号	公称直径 DN	公称压力/MPa	法兰			产品长度(推荐值) L
			D	n×d	法兰标准	
40JRH50A/F21	50	4.0	125	4×φ18	JB/T 82.2—1994	350
40JRH65A/F21	65		145	8×φ18		390
40JRH80A/F21	80		160	8×φ18		410
25JRH100A/F21	100	2.5	190	8×φ23	JB/T 81—1994	450
25JRH125A/F21	125		220	8×φ25		500
25JRH150A/F21	150		250	8×φ25		510
25JRH200A/F21	200	1.6	310	12×φ25		580
25JRH250A/F21	250		370	12×φ30		640
16JRH300A/F21	300		410	12×φ25		710
16JRH350A/F21	350		470	16×φ25		770
16JRH400A/F21	400		525	16×φ30		840

3.5.2　非金属软管

对温度不高的管道系统，如果输送介质为有毒、医用流体或具有较强腐蚀性的介质等，可优先考虑使用非金属软管。非金属软管由不锈钢网套、法兰、快速接头或接管，和聚四氟乙烯波纹管构成。具有耐腐蚀，密封性好等优点，可以起到补偿位移、吸振、补偿安装偏差的作用。工作温度范围：－50～180℃，已广泛应用于医药、食品、化工等行业。

(1) F 型结构（见图 27-58、表 27-170）

(2) K 型结构（见图 27-59、表 27-171）

表 27-170　F 型尺寸

公称直径 DN		公称压力 PN	连接参数 /mm		刚性段长度 L_1
/mm	/in	/MPa	D_1	n×d	/mm
15	5/8	1.0 1.6	法兰标准 JB/T 83—1994		47
20	3/4				47
25	1	1.0 1.6	法兰标准 JB/T 83—1994		60
32	1¼				60
40	1½				65
50	2				70
65	2¼				71
80	3				77
100	4				117

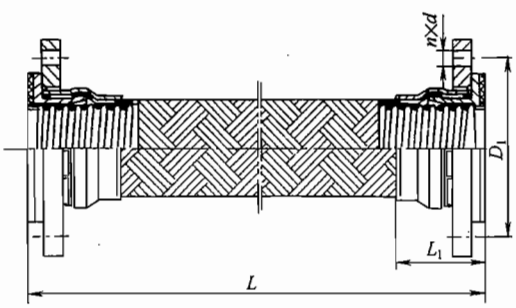


图 27-58　F 型结构

注：产品代号标注方法如下（F 为不锈钢法兰）。

工作压力 | FSJR | 公称直径 | F— | 产品长度

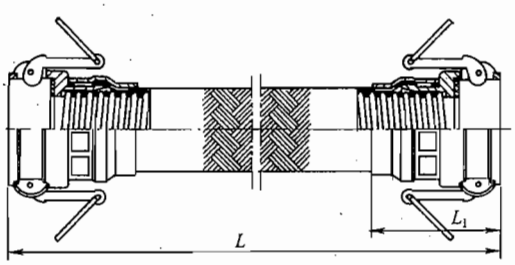


图 27-59　K 型结构

注：产品代号标注方法如下。

工作压力 | FSJR | 公称直径 | K— | 产品长度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-171 K型尺寸

公称直径 /mm	公称直径 /in	公称压力 PN /MPa	刚性段长度 L_1 /mm
15	5/8	1.0 1.6	75
20	3/4		73
25	1		92
32	1¼		92
40	1½		101
50	2		108
65	2¼		113
80	3		117
100	4		164

(3) FK 型结构（见图 27-60、表 27-172）

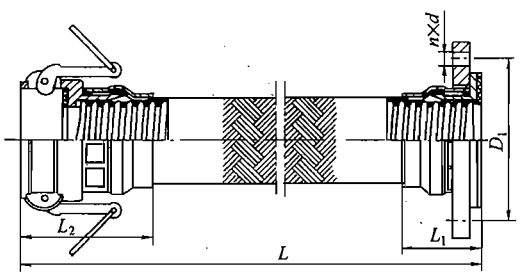


图 27-60

注：产品代号标注方法如下。

工作压力 | FSJR | 公称直径 | FK— | 产品长度

表 27-172 FK型尺寸

公称直径 /mm	公称直径 /in	公称压力 PN /MPa	连接参数 /mm D_1	连接参数 /mm $n\times d$	刚性段长度 /mm L_1	刚性段长度 /mm L_2
15	5/8	1.0 1.6	法兰标准 JB/T 83—1994		47	75
20	3/4				47	73
25	1				60	92
32	1¼				60	92
40	1½				65	101
50	2				70	108
65	2¼				71	113
80	3				77	117
100	4				117	164

(4) J 型结构（见图 27-61、表 27-173）

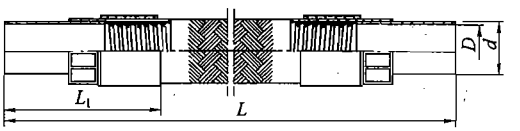


图 27-61

注：产品代号标注方法如下。

工作压力 | FSJR | 公称直径 | J— | 产品长度

表 27-173 J型尺寸

公称直径 /mm	公称直径 /in	公称压力 PN /MPa	连接参数 /mm d	连接参数 /mm D	刚性段长度 /mm L_1
15	5/8	1.0 1.6	26	15	150
20	3/4		29	20	150
25	1		34	25	170
32	1¼		41	32	170
40	1½		48	40	190
50	2		63.5	50	200

3.6 快速接头

(1) 技术参数（见表 27-174）

(2) 型号标记说明

(3) 接头型式代号（见表 27-175）

表 27-174 快速接头技术参数

型号	类型	材料	公称直径/mm	公称压力/MPa	工作温度/℃	适用介质
QJA	配金属软管直通式	Ⅰ 20钢	15～80	0.6～2.5	≤100	水、气、酸、碱、有机物
QJB	非金属软管直通式	Ⅱ H62				
QJC	钢球直通式	Ⅲ 1Cr13	8～50			
QJD	钢球本体单自封式	Ⅳ 0Cr19Ni9				
QJE	钢球双自封式	Ⅴ 00Cr19Ni10				
QJF	按钮直通式	Ⅵ 0Cr18Ni11Ti	5～25			
QJG	按钮本体单自封式	Ⅶ 0Cr17Ni12Mo2				
QJH	按钮双自封式	Ⅷ 00Cr17Ni14Mo2				
QJI	拉杆式快换接头式		25～65			
QJK	密封座活扣套式		40～150			

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

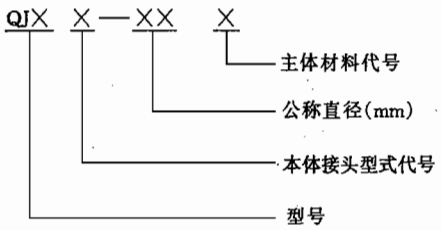
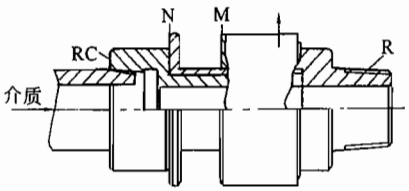


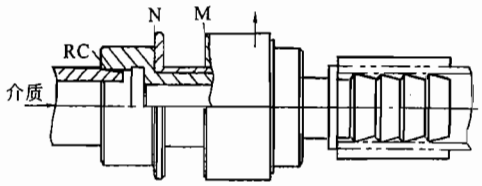
表 27-175　接头型式代号

代　号	接头型式
A	不带卡箍软管连接
B	带卡箍软管连接
C	承插焊连接
D	内螺纹连接
E	外螺纹连接

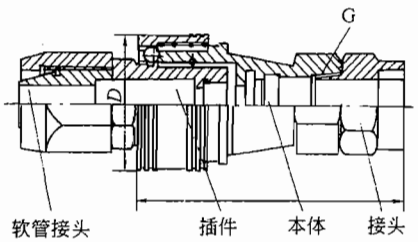
(4) 结构型式（见图 27-62）



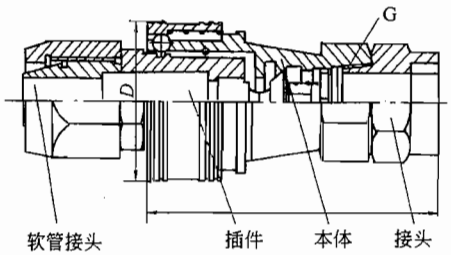
QJA 型　配接金属软管



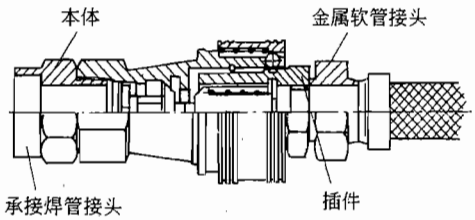
QJB型　配接非金属软管（带卡箍）



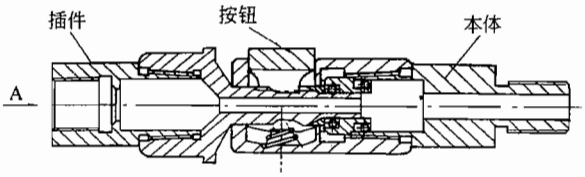
QJC型　软管直通式



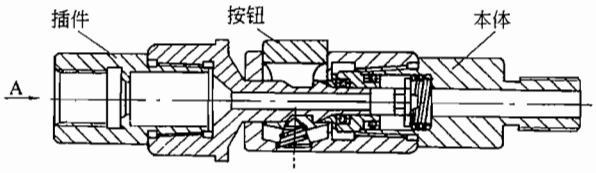
QJD型　本体单自封式



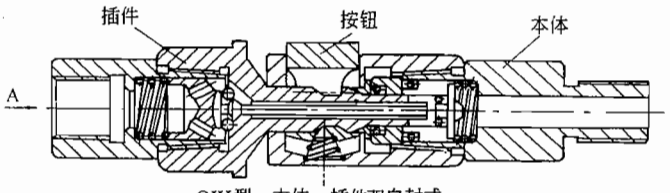
QJE型　本体插件双自封式



QJF型　直通式



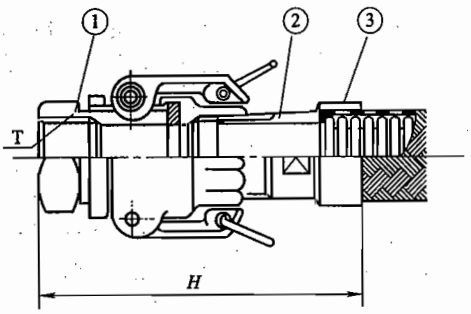
QJG型　本体单自封式



QJH型　本体、插件双自封式

图 27-62

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

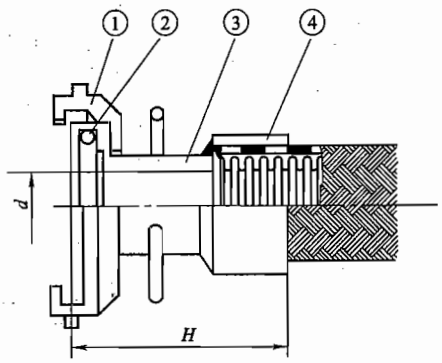


结构：拉杆式快换接头与外锥管螺纹(SM)接头组合

特点：快换接头快速简便，出端为通用性强的内锥管螺纹

材质：①铜/铝/碳钢/不锈钢
②③不锈钢

QJI型 拉杆式快换接头式



结构：密封座带有两爪或三爪的活扣套与锥面接头的螺旋面扣接，密封座内有密封橡胶圈

特点：实现螺旋式快速扣接、密封可靠

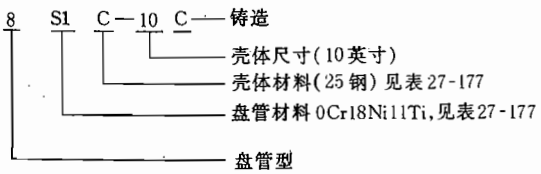
材质：①③④不锈钢
②橡料

QJK型 密封座活扣套式

图 27-62 快速接头结构型式

3.7 取样冷却器

(1) 型号标记



(2) 技术参数（见表 27-176）

表 27-176 技术参数

介质温度/℃				工作压力/MPa	
冷却水入口	冷却水进口	物料入口	物料出口	壳程	管程
≤32	≤40	≤520	≤60	≤1.0	≤10.0

注：一般物料入口温度不大于350℃；当物料凝固点较高时物料出口温度可不大于90℃。温州四方化工机械厂生产。

(3) 材料（见表 27-177）

(4) 外形结构（见图 27-63）

(5) 取样冷却器规格尺寸（见表 27-178）

表 27-177 取样冷却器材料

代号/壳体材料	代号/盘管材料	新材料代号
C/铸造(盘管20钢,壳体25钢)	S1/0Cr18Ni11Ti(321)	Ⅵ
	S4/0Cr19Ni9(304)	Ⅳ
D/可锻铸铁	S6/0Cr17Ni12Mo2(316)	Ⅶ
	L4/00Cr19Ni11(304L)	Ⅴ
G/灰铸铁	L6/00Cr17Ni14Mo2(316L)	Ⅷ

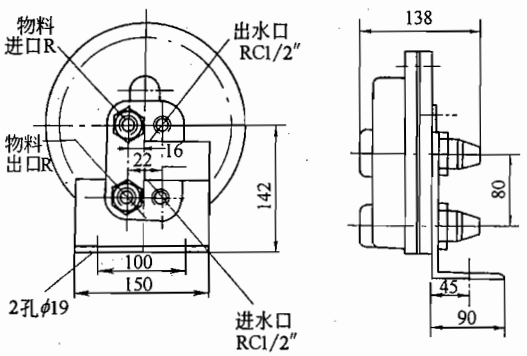


图 27-63 取样冷却器

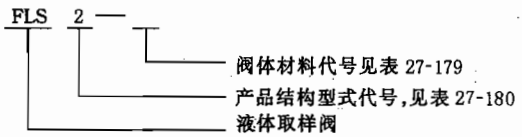
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-178　取样冷却器规格参数

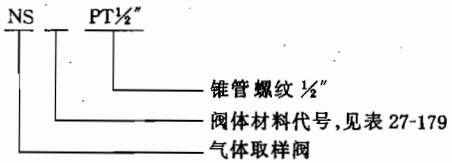
型　号	材　料		PN /MPa		传热面积 /m²	管程流通总截面积 /cm²	
	管程	壳　程	管程	壳程		CS	SS
8CG-10C	20 钢	灰铸铁 GCi		1.0			
8CD-10C	20 钢	可锻铸铁 M I		1.0			
8CC-10C	20 钢	铸钢 CAS		1.0			
8SiG-10C	0Cr18-Ni11Ti	灰铸铁 GCI		1.0			
8SID-10C	0Cr18-Ni11Ti	可锻铸铁 M I	10.0	1.0	0.22	1.01	0.57
8SIC-10C	0Cr18-Ni11Ti	铸钢 CAS		1.0			
8S6G-10C	0Cr17-Ni12Mo2	灰铸铁 GCI		1.0			
8S6D-10C	0Cr17-Ni12Mo2	可锻铸铁 M I		1.0			
8S6C-10C	0Cr17-Ni12Mo2	铸钢 CAS		1.0			

3.8　冲洗式液（气）体取样阀

(1) 液体取样阀型号标记



(2) 气体取样阀型号标记



(3) 技术参数（见表 27-180）

(4) 结构型式（见图 27-64）

表 27-179　阀体材料和代号

代　号	阀体材料
Ⅳ	0Cr19Ni9(304)
Ⅴ	00Cr19Ni11(304L)
Ⅶ	0Cr17Ni12Mo2(316)
Ⅷ	00Cr17Ni14Mo2(316L)

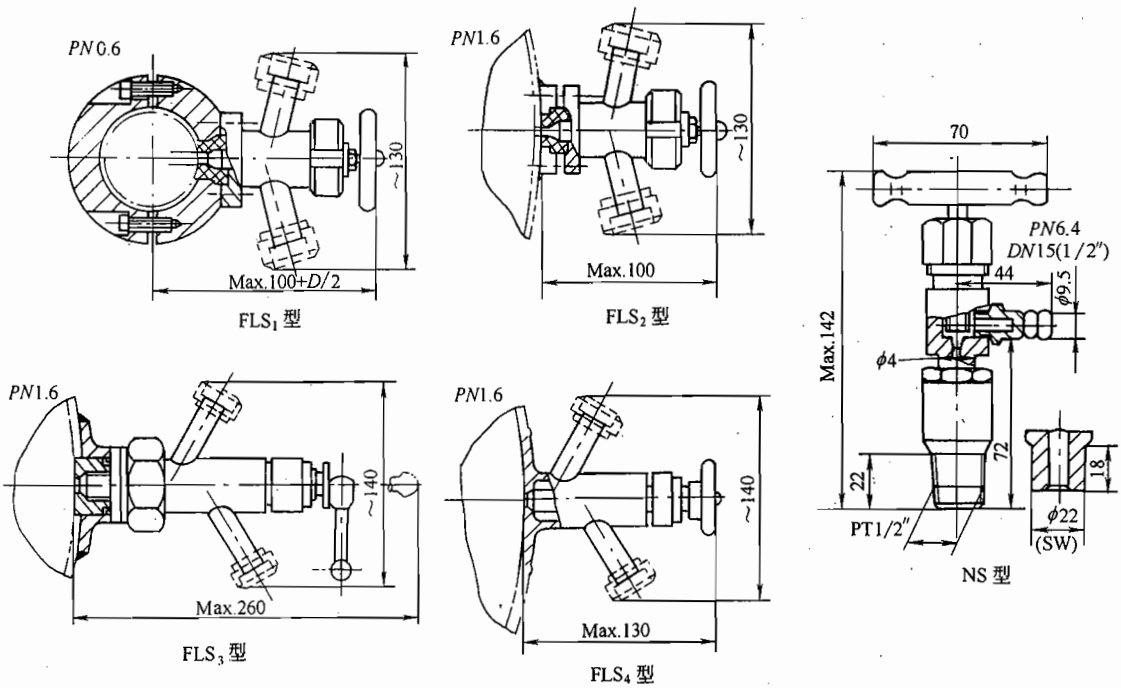


图 27-64　冲洗式液（气）体取样阀结构型式

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-180 技术参数

型号	结构代号	结构型式	公称压力/MPa	工作温度/℃	工作介质	适用管径	管壁钻孔直径/mm
FLS	1	管卡型	≤0.6	≤180	无固体颗粒液体	DN20～50	φ8
	2	法兰型	≤1.6			DN≥100	
	3	鞍座型				DN≥100	φ30
	4	镶入型				DN≥200	φ81
NS		锥管螺纹用户自定	≤6.4	≤200	气体		根据螺纹定

注：生产厂：温州四方化工机械厂等。

3.9 排液放空闸阀

DV型排液放空闸阀，系参照美国API 602标准中800Lb级设计制造的。该阀是管道的高点放空和低点排液的专用阀门。该阀进口端为承插焊连接（也可改为锥管螺纹连接），出口端为螺纹连接并配以实心丝堵。该阀具有结构紧凑、外形小、密封性能好等特点。

(1) 型号标记

20 DV Ⅰ—5 S
- S——两端螺纹，当一端螺纹一端承插焊时，无标记
- 5——阀内件材料代号，见表27-183
- Ⅰ——阀体材料代号，见表27-182
- DV——产品代号（DV～承插焊，DVW～对焊）
- 20——阀门公称直径，见表27-186

(2) 技术参数（见表27-181～表27-183）

表 27-181

主体材料	碳钢、低合金钢	耐热合金钢	不锈钢
公称压力/MPa	≤10.0		
工作温度/℃	400	530	540
公称直径/mm	15、20、25		
适用介质	油品、水、蒸汽		腐蚀性流体

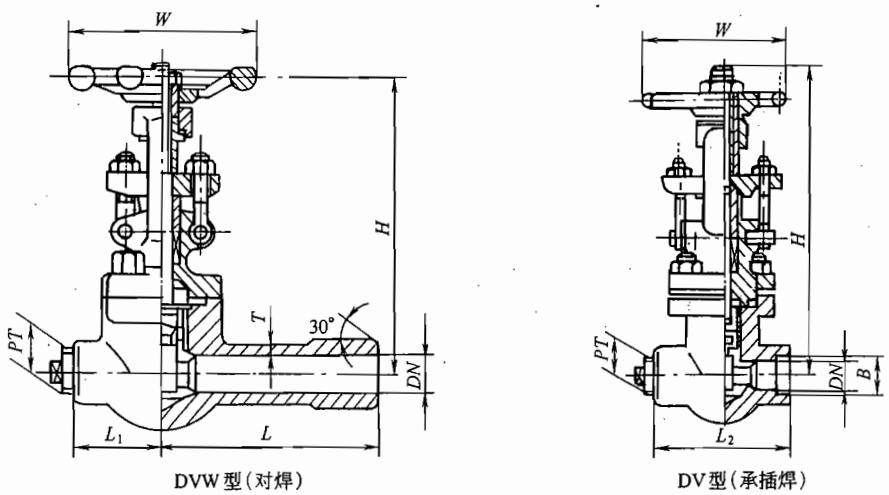
表 27-182

阀体材料/代号	阀体材料/代号
20钢/Ⅰ	1Cr 5Mo/Ⅰ-6
16Mn/Ⅰ-1	0Cr 19Ni9(304)/Ⅳ
16Mo/Ⅰ-2	00Cr19Ni11(304L)/Ⅴ
12CrMo/Ⅰ-3	0Cr17Ni12Mo2(316)/Ⅶ
15CrMo/Ⅰ-4	00Cr17Ni14Mo2(316L)/Ⅷ
12Cr1MoV/Ⅰ-5	

表 27-183

内件代号/内件材料		内件代号/内件材料	
1	碳钢+Cr13	4	304
2	碳钢+304	5	同阀体材料
3	Cr13	9	同阀体材料堆焊硬质合金

(3) DVW型与DV型规格尺寸（见表27-184、图27-65）



DVW型（对焊）　　DV型（承插焊）

图 27-65 排液放空闸阀结构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-184　规格尺寸　/mm

DN	PT	W	H	L	L_1	L_2	T	B	质量/kg	
									DVW 型	DV 型
15	1/2″	100	173	120	46	82	3	22.3	4.3	2.9
20	3/4″	100	175	120	46	88	3	27.7	5.1	3.2
25	1″	120	178	120	46	114	3	34.5	5.9	3.6
40	1½″	145	282	150	65	142	4	49.2	10.7	5.7
50	2″	185	318	150	70	152	5	61.5	13.9	6.4

注：本产品由温州四方化工机械厂生产。

3.10　呼吸阀、阻火呼吸阀

根据（GB 50160—1992）石油化工企业设计防火规范的规定，甲、乙类液体的固定顶罐，应设置阻火器和呼吸阀。这不仅可使罐内压力保持正常状态，防止罐内超压或超真空度，且可减少罐内液体挥发损耗，是不可缺少的安全设施。

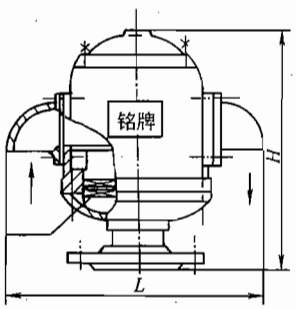
（1）性能参数（见表 27-185）

表 27-185

工作压力/Pa(G)	呼出压力	B. +980(+100mmH_2O) C. +1750(178.5mmH_2O)
	吸入压力	B. −295(−30mmH_2O) C. −295(−30mmH_2O)
环境温度/℃	−30～60	

注：工作压力也可由客户指定。

（2）外形和结构尺寸（见表 27-186～表 27-192，图 27-66～图 27-75）



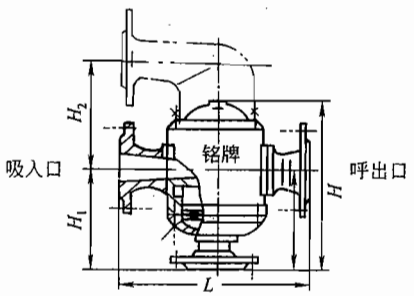
$B_1(BF_1)$型呼吸阀(阻火呼吸阀)

图 27-66

表 27-186　规格尺寸　/mm

DN	40	50	80	100	150	200	250
H	310	310	410	485	585	680	835
L	275	275	397	450	640	835	1060
质量/kg	22	24	32	43.5	70	120	183

注：表 27-186～表 27-192 为温州四方化工机械厂产品示例。

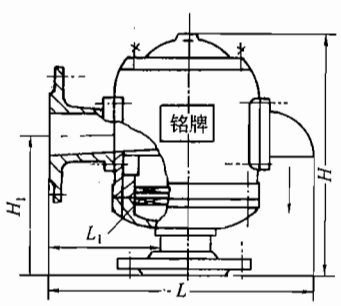


$B_4(BF_4)$型带双接管呼吸阀（带双接管阻火呼吸阀）

图 27-67

表 27-187　规格尺寸　/mm

DN	40	50	80	100	150	200	250
H_2	175	220	250	280	345	420	480
H	310	310	410	485	585	680	835
H_1	178	178	220	265	295	320	405
L	325	325	397	435	584	715	860
质量/kg	23	25	33	44.5	74	124	185



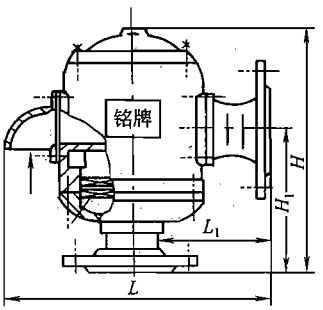
$B_2(BF_2)$型带吸入接管呼吸阀
（带吸入接管阻火呼吸阀）

图 27-68

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

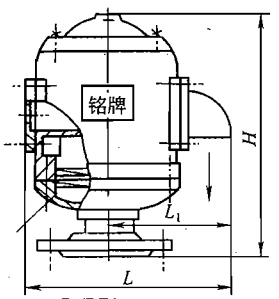
表 27-188 规格尺寸 /mm

DN	40	50	80	100	150	200	250
H	310	310	410	485	585	680	835
H_1	178	178	220	265	295	320	405
L	300	300	397	443	612	775	960
L_1	162	162	198	218	292	358	430
质量/kg	22.5	24.5	32.5	44	72	122	184



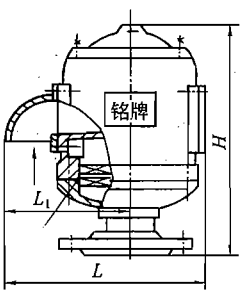
$B_3(BE_3)$型带呼出接管呼吸阀
(带接管阻火呼吸阀)

图 27-69



$B_5(BF_5)$型呼出阀
(阻火呼出阀)

图 27-70

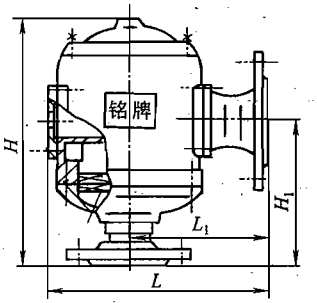


$B_6(BF_6)$型吸入阀(阻火吸入阀)

图 27-71

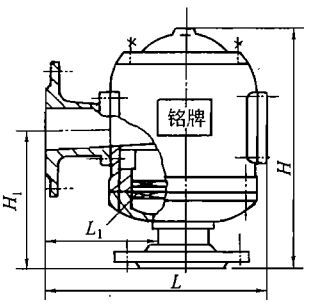
表 27-189 规格尺寸 /mm

DN	40	50	80	100	150	200	250
H	310	310	410	485	585	680	885
L	240	240	330	367	540	700	880
L_1	138	138	200	225	320	418	530
质量/kg	22	23	30	41.5	68	118	179



$B_7(BE_7)$型带接管呼出阀
(带接管阻火呼出阀)

图 27-72

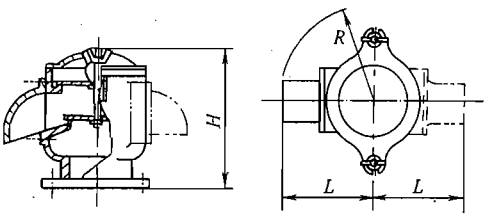


$B_8(BF_8)$型带接管吸入阀
(带接管阻火吸入阀)

图 27-73

表 27-190 规格尺寸 /mm

DN	40	50	80	100	150	200	250
H	310	310	410	485	585	680	885
H_1	178	178	220	265	295	320	405
L	263	263	330	370	508	640	780
L_1	163	163	200	218	292	358	430
质量/kg	22.5	23.5	30.5	42	70	128	180



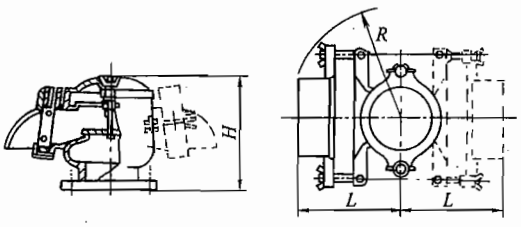
BL_1型呼吸阀

图 27-74

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-191　/mm

DN	L	H	R	质量/kg
40	162	185	166	20
50	162	185	166	22
80	203	200	210	29
100	235	240	244	39
150	330	460	343	63
200	425	560	444	108
250	535	740	557	165



BLF_1型阻火呼吸阀

图 27-75

表 27-192　规格尺寸　/mm

DN	L	H	R	质量/kg
40	190	185	200	24
50	190	185	200	26
80	220	200	240	35
100	235	240	290	48
150	410	460	450	77
200	460	560	505	132
250	590	740	690	201

(3) 型号标记示例

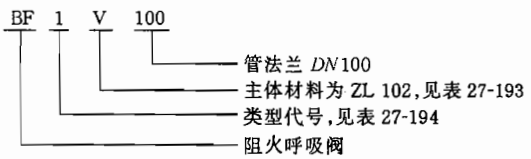


表 27-193　主体材料

主体材料	代号	主体材料	代号
ZG200-400	Ⅰ	ZG 0Cr18Ni12Mo2Ti	Ⅳ
ZG 0Cr18Ni9	Ⅱ	ZL 102	Ⅴ
ZG 0Cr18Ni9Ti	Ⅲ	HT 150	Ⅵ

注：1. 阀盘、阀座材料与主体材料相同（碳钢与铝合金的为不锈钢）。

2. 阀密封件为聚四氟乙烯。

表 27-194　类型代号

类　型	代号	类　型	代号
呼吸阀	B1 (BL1)	阻火呼吸阀	BF1 (BLF1)
带吸入接管呼吸阀	B2	带吸入接管阻火呼吸阀	BF2
带呼出接管呼吸阀	B3	带呼出接管阻火呼吸阀	BF3
带双接管呼吸阀	B4	带双接管阻火呼吸阀	BF4
呼出阀	B5	阻火呼出阀	BF5
吸入阀	B6	阻火吸入阀	BF6
带接管呼出阀	B7	带接管阻火呼出阀	BF7
带接管吸入阀	B8	带接管阻火吸入阀	BF8

注：带吸入/呼出接管的均采用法兰连接

3.11　静态混合器

(1) SV 型静态混合器

适用于黏度不大于 10^2mPa·s 的液液、液气、气气的混合、乳化、反应、吸收、萃取、强化传热等过程。其结构外形如图 27-76 所示，规格尺寸见表 27-195。

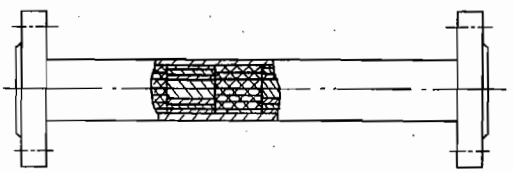


图 27-76　SV 型静态混合器

(2) SK 型静态混合器

适用于化工、石油、制药、食品、精细化工、塑料、环保、合成纤维、矿冶等部门的混合、反应、萃取、吸收、注塑、配色、传热等过程，对较小流量并伴有杂质或黏度不大于 10^5mPa·s 的高黏性介质尤为适用。其结构外形如图 27-77 所示，规格尺寸见表 27-196。

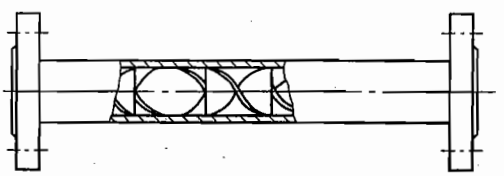


图 27-77　SK 型静态混合器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-195 SV 型静态混合器规格尺寸

型 号	DN	d_h	Q	型 号	DN	d_h	Q
SV-2.3/20	20	2.3	0.5～1.2	SV-5-20/200	200	5～20	56～110
SV-2.3/25	25	2.3	0.9～1.8	SV-5-20/250	250	5～20	88～176
SV-3.5/32	32	3.5	1.4～2.9	SV-5-30/300	300	5～30	125～250
SV-3.5/40	40	3.5	2.2～4.5	SV-7-30/350	350	7～30	173～346
SV-3.5/50	50	3.5	3.5～7	SV-7-30/400	400	7～30	226～452
SV-3.5/65	65	3.5	5～12	SV-7-30/450	450	7～30	286～572
SV-5/80	80	5	9～18	SV-7-30/500	500	7～30	353～706
SV-5/100	100	5	14～28	SV-7-30/600	600	7～30	505～1010
SV-5-7/125	125	5～7	24～34	SV-7-30/1000	1000	7～30	1413～2826
SV-5-7/150	150	5～7	30～60	SV-15-30/1200	1200	15～30	1630～3260

注：d_h—水力直径，mm；Q—流量，m^3/h。

表 27-196 SK 型静态混合器规格尺寸

型 号	DN	d_h	Q	型 号	DN	d_h	Q
SK-5/10	10	5	0.15～0.3	SK-50/100	100	50	14～28
SK-7.5/15	15	7.5	0.3～0.6	SK-62.5/125	125	62.5	22～44
SK-10/20	20	10	0.6～1.2	SK-75/150	150	75	31～64
SK-12.5/25	25	12.5	0.9～1.8	SK-100/200	200	100	56～110
SK-16/32	32	16	1.4～3.2	SK-125/250	250	125	88～177
SK-20/40	40	20	2.2～4.5	SK-150/300	300	150	127～255
SK-25/50	50	25	3.5～7.0	SK-175/350	350	175	173～346
SK-32.5/65	65	32.5	5.9～12	SK-200/400	400	200	226～452
SK-40/80	80	40	9～18	SK-250/500	500	250	353～706

注：d_h—水力直径，mm；Q—流量，m^3/h。

(3) SX 型静态混合器

适用于黏度不大于 10^4 mPa·s 的中高黏度液液反应、混合、吸收过程或生产高聚物流体的混合、反应过程，处理量较大时使用效果更佳。其结构外形如图 27-78 所示，规格尺寸见表 27-197。

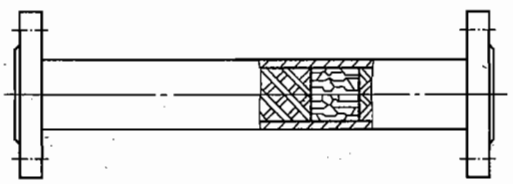


图 27-78 SX 型静态混合器

(4) SL 型静态混合器

适用于化工、石油、油脂等行业，黏度不大于 10^6 mPa·s 或伴有高聚物介质的混合，同时进行传热、混合和传热反应的热交换器，加热或冷却黏性产品等单元操作。其结构外形如图27-79所示，规格尺寸见表 27-198。

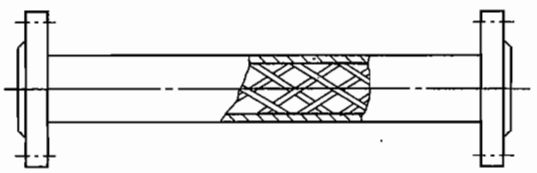


图 27-79 SL 型静态混合器

(5) SH 型静态混合器

适用于精细加工、塑料、合成纤维、矿冶等部门的混合、乳化、配色、注塑纺丝、传热等过程，对流量小、混合要求高、黏度不大于 10^6 mPa·s 的清洁介质尤为适合。其结构外形如图 27-80 所示，规格尺寸见表 27-199。

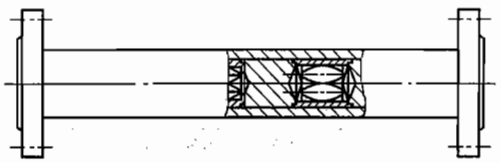


图 27-80 SH 型静态混合器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-197　SX 型静态混合器规格尺寸　/mm

型　号	DN	d_h	Q	型　号	DN	d_h	Q
SX-12.5/50	50	12.5	3.5～7.0	SX-50/200	200	50	56～110
SX-16.25/65	65	16.25	6～12	SX-62.5/250	250	62.5	88～176
SX-20/80	80	20	9～18	SX-75/300	300	75	125～250
SX-25/100	100	25	14～28	SX-87.5/350	350	87.5	173～346
SX-31.25/125	125	31.25	22～44	SX-100/400	400	100	226～452
SX-37.5/150	150	37.5	30～60	SX-125/500	500	125	353～706

注：d_h为水力直径。

表 27-198　SL 型静态混合器规格尺寸

型　号	DN	d_h	Q	型　号	DN	d_h	Q
SL-12.5/25	25	12.5	0.7～1.4	SL-100/200	200	100	56～110
SL-16/32	32	16	1.4～2.9	SL-125/250	250	125	88～176
SL-20/40	40	20	2.3～4.6	SL-150/300	300	150	127～255
SL-25/50	50	25	3.5～7	SL-175/350	350	175	173～346
SL-40/80	80	40	9～18	SL-200/400	400	200	226～452
SL-50/100	100	50	14～28	SL-250/500	500	250	353～706
SL-75/150	150	75	32～64	SL-300/600	600	300	410～814

注：d_h为水力直径。

表 27-199　SH 型静态混合器规格尺寸

型　号	DN	d_h	Q	型　号	DN	d_h	Q
SH-3/15	15	3	0.1～0.2	SH-19/80	80	19	4.0～8.0
SH-4.5/20	20	4.5	0.2～0.4	SH-24/100	100	24	6.5～13.0
SH-5/25	25	5	0.5～1.1	SH-36/150	150	36	31～63
SH-7/32	32	7	0.9～1.8	SH-49/200	200	49	54～108
SH-9/40	40	9	1.6～3.2	SH-74/300	300	74	124～248
SH-12/50	50	12	2.3～4.6	SH-124/500	500	124	174～348

注：1. 两端法兰尺寸按产品公称直径放大一档。
2. d_h为水力直径。

3.12　SQS 系列汽水混合器

SQS 系列汽水混合器用于热水采暖系统中，代替原板式换热器作加热设备；用于浴室加热热水，送入水箱，代替热水箱中原高噪声，强振动的蒸汽直接加热方式；用于除氧器预热软水；用于水-水换热等。其结构外形如图 27-81 所示，规格尺寸见表 27-200。

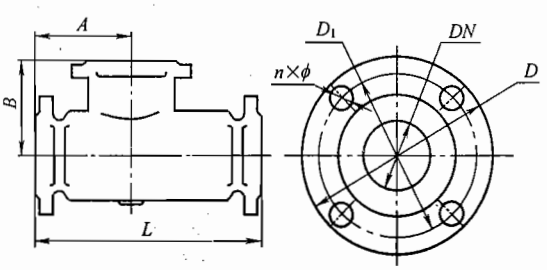


图 27-81　SQS 系列汽水混合器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-200 SQS系列汽水混合器规格尺寸 /mm

规格尺寸		SQS-4	SQS-6	SQS-8	SQS-10	SQS-12	SQS-16	SQS-20	SQS-24	SQS-24	SQS-32	SQS-40	SQS-48
安装尺寸	A	105		130			220			450			
	B	105		130			170			300			
	L	240		360			660			1200			
水侧连接法兰	DN	30		50			100			200			
	D_1	110		145			210			350			
	D	145		180			245			405			
	$n\times\phi$	4×18		4×18			8×18			12×22			
汽侧连接法兰	DN	40		65			125			250			
	D_1	110		145			210			350			
	D	145		180			245			405			
	$n\times\phi$	4×18		4×18			8×18			12×22			

3.13 疏水阀

3.13.1 疏水阀的选用原则

① 一般在选用时，首先要根据使用条件（凝结水量、蒸汽温度和最低压力、设备所需温度，凝结水回收系统的最高压力）和安装位置，参照各种疏水阀的技术性能，根据疏水阀前后的工作压差和凝结水量，选用最为适宜的疏水阀型号，最好选择有调节排水温度的疏水阀和有利于冷凝水回收或可蒸汽二次利用的疏水阀。

② 各种疏水阀都具有一定的技术性能和最适宜的工作范围，要根据使用条件进行选择，不能单纯地从最大排水量的观点去选用，更不应只根据凝结水管径的大小去套用疏水阀。

③ 应选择优质节能疏水阀，其使用寿命不小于8000h，漏汽率不大于3%。

④ 在凝结水一经形成后，必须立即排除的情况下，不宜选用脉冲式或波纹管式疏水阀（因两者均要求一定的过冷度，约17～5℃），而应选用可调恒温疏水阀或浮球式疏水阀。

⑤ 在凝结水负荷变动到低于额定最大排水量的15%时，不应选用脉冲式疏水阀，因它在低负荷下，将引起部分新鲜蒸汽的泄漏损失。

⑥ 间歇工作的室内蒸汽加热设备或管道，可选用机械型疏水阀，但在寒冷地区不宜室外使用，否则应有防冻措施。

⑦ 疏水阀的选型要结合安装位置考虑：

a. 疏水阀安装位置低于加热设备时（见图27-82），可选任何型式的疏水阀。

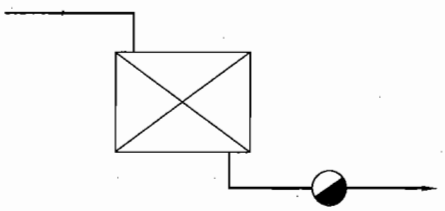


图 27-82

b. 疏水阀安装位置高于加热设备时（见图27-83），不可选用浮筒式，可选双金属式疏水阀。

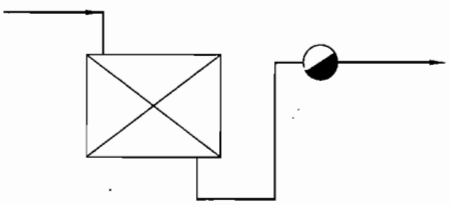


图 27-83

c. 疏水阀安装位置与加热设备基本一致时（见图27-84），可选用浮筒式、热动力式和可调恒温疏水阀。



图 27-84

⑧ 疏水阀疏出的凝结水管道位置高于加热设备时（见图27-85），应选背压率高的疏水阀，如自由浮球、可调恒温疏水阀。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

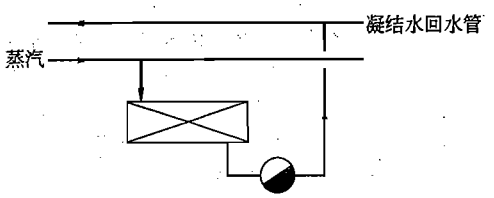


图 27-85

3.13.2 疏水阀的类型和工作原理（见表 27-201）

3.13.3 疏水阀的主要特征（见表 27-202）

表 27-201 疏水阀的类型和工作原理

类型		工作原理
机械型	浮桶式	蒸汽和凝结水的密度差
	倒吊桶式	
	杠杆浮球式	
	自由浮球式	
热静力型	波纹管式	蒸汽和凝结水的温度差
	圆板双金属式	
	圆板式金属温调式	
	可调恒温式	
热动力型	孔板式	蒸汽和凝结水的热力学特性
	圆盘式	

表 27-202 疏水阀的主要特征

型式		优点	缺点
机械型	浮桶式	动作准确、排放量大、不泄漏蒸汽、抗水击能力强	排除空气能力差，体积大，有冻结的可能，疏水阀内的蒸汽层有热量损失
	倒吊桶式	排除空气能力强，没有空气气堵和蒸汽汽锁现象，排量大，抗水击能力强，性能稳定可靠	体积大，有冻结的可能，动作迟缓
	杠杆浮球式	排量大，排空气性能好，能连续（按比例动作）排除凝结水，体积小，结构简单，浮球和阀座易互换	体积大，抗水击能力差，疏水阀内蒸汽层有热损失，排除凝结水时有蒸汽卷入
	自由浮球式	排量大，排空气性能好，能连续（按比例动作）排除凝结水，体积小，结构简单，浮球和阀座易互换	抗水击能力比较差，疏水阀内蒸汽有热损失，排除凝结水时有蒸汽卷人，动作迟缓
热静力型	波纹管式（蒸汽压力式）	排量大，排空气性能良好，不泄漏蒸汽，不会冻结，可控制凝结水温度，结构简单，体积小	反应迟钝，不能适应负荷的突变及蒸汽压力的变化，不能用于过热蒸汽，抗水击能力差，只适用于低压的场合
	圆板双金属式	排量大，排空气性能良好，不会冻结，不泄漏蒸汽，动作噪声小，无阀瓣堵塞事故，抗水击能力强可利用凝结水的显热	很难适合负荷的急剧变化，不适应蒸汽压力变动大的场合，在使用中双金属的特性有变化
	圆板式金属温调式	凝结水显热利用好，节省蒸汽，不泄漏蒸汽，动作噪声小，灵敏度高，抗污垢，抗水击，随蒸汽压力变化应动性能好	不适用于大排量
	可调恒温式	冷凝水排放温度可自由设定，并自动保持恒定，降低漏气率，达到节能效果。阀座孔径尺寸由10mm～80mm，满足大容量冷凝水排放要求。 及时排放冷凝水、冷热空气、二氧化碳等气体，提高传热率，保障系统安全。感温元件工作温度－50～450℃，具有防冻、过热自保功能。 排放冷凝水不受压力控制，排水量大小不受背压影响，有利于系统冷凝水回收	不能自动控制高于200℃饱和温度的冷凝水。大于15.0MPa压力的场合的使用尚待开发
热动力型	孔板式	体积小，质量轻，排空气性能良好，不易冻结，可用于过热蒸汽，结构简单、连续排水	不适用于大排量，泄漏蒸汽，易有故障，背压容许度低（背压限制在30%）
	圆盘式	结构简单，体积小，重量轻，不易冻结，维修简单，可用于过热蒸汽，安装角度自由，抗水击能力强，可排饱和温度的凝结水	空气流人后不能动作，空气气堵多，动作噪声大，背压允许度低（背压限制在50%）不能在低压（0.03MPa以下）使用，阀片有空打现象，蒸汽层放热有热损失，蒸汽有泄漏，不适用于大排量

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

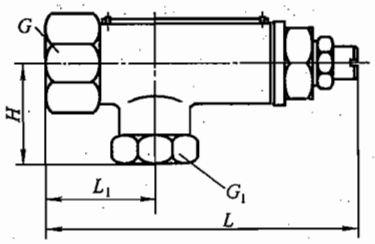


图 27-86 螺纹连接疏水阀

表 27-203 ST 角式螺纹连接疏水阀

型 号	公称直径 DN	公称压力 PN/MPa	管螺纹		外形尺寸/mm		
			G	G_1	L	L_1	H
ST16-15	15	1.6	1/2″	1/2″	130	47	41
ST16-20	20		3/4″		130	47	41
ST16-25	25		1″		140	52	41
ST10-40	40	1.0	1 1/2″	3/4″	145	55	47
ST10-50	50		2″		145	55	47

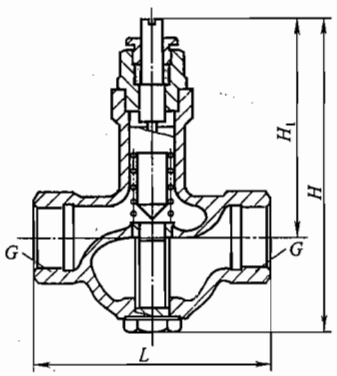


图 27-87 承插连接疏水阀

表 27-204 STB 螺纹/STE 承插焊连接疏水阀

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa	管螺纹 G	外形尺寸/mm		
			L	H_1	H
15	1.0 (STB/STE) 1.6 (STB/STE) 2.5 (STB/STE) 4.0 (STE) 6.4 (STE)	1/2″	90	38	116
20		3/4″	100	45	116
25		1″	120	50	116
32		1 1/4″	130	45	120
40		1 1/2″	140	48	126
50		2″	160	65	130

ST 系列可调恒温疏水阀的阀体内装有滑动感温元件（阀瓣），感温元件内装有感温混合物，在设定的排水温度以下为固态，这时疏水阀的开度最大，可使空气和冷凝水迅速排出，随着温度的升高，感温混合物由固态变为液态，产生了巨大的膨胀力，通过弹性密封件推动顶杆，使阀门关闭，使蒸汽不得逸出，当冷凝水温度降低后，感温物质冷凝，阀门又打开。

排水温度分为三组：A 组为 65～100℃，可供采暖、传热系统使用，B 组为 95～135℃、C 组为130～165℃可供各种换热设备选用。使用压力 0.01～15.0MPa，使用温度－45～450℃。阀座孔径 ϕ10～80mm，故排量大。水流流向是低进高出，其优点是不受背压影响水可排净。可自由安装（水平或垂直），故使用范围比同类产品广泛。

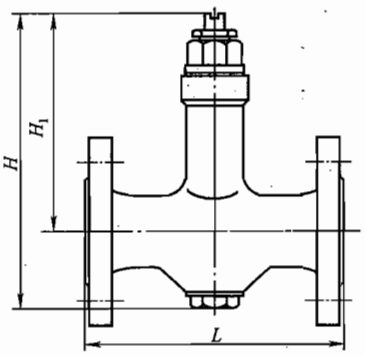


图 27-88 法兰连接疏水阀

表 27-205 STC 法兰连接疏水阀

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa	外形尺寸/mm			
		L		H_1	H
		GB	ANSI 美标		
15	1.0 1.6 2.5 4.0 6.4	150	165	125	170
20		150	190	125	175
25		160	216	130	180
32		230	229	132	190
40		230	241	135	200
50		230	292	140	215
65		245	330	238	280
80		260	356	238	325
100		310	406	250	350

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

该产品的另一特点是：能做到不添任何设备、不费任何能源可将不同压力的加热设备上所产生的冷凝水集中回收，以满足回收冷凝液的要求。

由于体积小，结构简单合理，不易损坏，可稳定运行二年以上，再加充分利用蒸汽的显热和潜热来排放冷凝水，在排放过程中无噪声，不漏汽，而且是恒定、及时、连续地排放，故节能效果十分明显。

可调恒温疏水阀的外形尺寸（见表27-203～表27-205，图27-86～图27-88）。

4 阀门

4.1 常用阀门的选用说明

(1) 闸阀

闸阀可按阀杆上螺纹位置分为明杆式和暗杆式两类。从闸板的结构特点又可分为楔式、平行式两类。楔式闸阀的密封面与垂直中心成一角度，并大多制成单闸板；平行式闸阀的密封面与垂直中心平行，并大多制成双闸板。

闸阀的密封性能较截止阀好，流体阻力小。具有一定的调节性能，明杆式尚可根据阀杆升降高低调节启闭程度，缺点是结构较截止阀复杂，密封面易磨损，不易修理。闸阀适于制成大口径的阀门，除适用于蒸汽、油品等介质外，还适用于含有粒状固体及黏度较大的介质；并适用于作放空阀和低真空系统阀门。

弹性闸阀不易在受热后被卡住。适用于蒸汽、高温油品、油气等介质，及开关频繁的部位，不宜用于易结焦的介质。楔式单闸板闸阀较弹性闸阀结构简单，在较高温度下密封性能不如弹性或双闸板闸阀好，适用于易结焦的高温介质。

楔式闸阀中双闸板式密封性好，密封面磨损后易修理，其零部件比其他型式多。适用于蒸汽、油品和对密封面磨损较大的介质，或开关频繁部位，不宜用于易结焦的介质。

(2) 截止阀

截止阀与闸阀相比，其调节性能好，密封性能差，结构简单，制造维修方便，流体阻力较大。适用于蒸汽等介质，不宜用于黏度大含有颗粒易沉淀的介质、也不宜作放空阀及低真空系统的阀门。

(3) 节流阀

节流阀的外形尺寸小、质量轻、调节性能较盘形截止阀和针形阀好、但调节精度不高，由于流速较大，易冲蚀密封面。适用于温度较低、压力较高的介质，以及需要调节流量和压力的部位，不适用于黏度大和含有固体颗粒的介质。不宜作隔断阀。

(4) 止回阀

止回阀按结构可分为升降式和旋启式两种。

升降式止回阀较旋启式止回阀的密封性好，流体阻力大。卧式的宜装在水平管道上。立体的应装在垂直管道上。旋启式止回阀，不宜制成小口径阀门。它可装在水平、垂直或倾斜的管道上。如装在垂直管道上，介质流向应由下至上。

止回阀一般适用于清净介质，不宜用于含固体颗粒和黏度较大的介质。

(5) 球阀

球阀的结构简单、开关迅速、操作方便、体积小、质量轻、零部件少、流体阻力小，结构比闸阀、截止阀简单，密封面比旋塞阀易加工且不易擦伤。适用于低温、高压及黏度大的介质，不能作调节流量用。

(6) 柱塞阀

柱塞与密封圈间采用过盈配合，通过调节阀盖上连接螺栓的压紧力。使密封圈被压缩，内圈紧包柱塞，外圈紧贴阀腔内壁，这样在密封圈上所产生的径向分力将大于流体的压力，从而保证了密封性。杜绝了外泄漏。柱塞阀是国际上近代发展的新颖结构阀门，具有结构紧凑启闭灵活、寿命长、维修方便等特点。

(7) 旋塞阀

旋塞阀的结构简单，开关迅速，操作方便，流体阻力小，零部件少，质量轻。适用于温度较低、黏度较大的介质和要求开关迅速的部位，一般不适用于蒸汽和温度较高的介质。

(8) 蝶阀

蝶阀与相同公称压力等级的平行式闸板阀比较，其尺寸小、质量轻、开闭迅速、具有一定的调节性能，适合制成较大口径阀门用于温度小于80℃、压力小于1.0MPa的原油、油品及水等介质。

(9) 隔膜阀

阀的启闭件是一块橡胶隔膜，夹于阀体与阀盖之间。隔膜中间突出部分固定在阀杆上，阀体内衬有橡胶，由于介质不进入阀盖内腔，因此无需填料箱。

隔膜阀结构简单，密封性能好，便于维修，流体阻力小，适用于温度小于200℃、压力小于1.0MPa的油品、水、酸性介质和含悬浮物的介质，不适用于有机溶剂和强氧化剂的介质。

4.2 阀门结构长度

GB 12221—2005规定了法兰连接金属阀门（直通式和角式）的结构长度。本标准适用于公称压力*PN*0.1～16MPa，公称通径*DN*10～3000mm的闸阀、截止阀、球阀、蝶阀、旋塞阀、隔膜阀、止回阀的结构长度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-206 结构长度基本系列 /mm

公称直径 DN	基本系列代号																								
	1	2	3	4	5	6	7	8①	9①	10	11①	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24①	25
	结构长度																								
10	130	210	102	—	—		108	85	105	—	—	130						80			—		—	—	
15	130	210	108	140	165		108	90	105	108	57	130			—			80			152		170	83	
20	150	230	117	152	190		117	95	115	117	64	130	—	—		—		90	—	—	178	—	190	95	
25	160	230	127	165	216		127	100	115	127	70	140			120			100			216		210	108	—
32	180	260	140	178	229		146	105	130	140	76	165			140			110			229		230	114	
40	200	260	165	190	241		159	115	130	165	82	165	106	140	240	33		120		33	241		260	121	
50	230	300	178	216	292		190	125	150	203	102	203	108	150	250	43		135	216	43	267	250	300	146	
65	290	340	190	241	330		216	145	170	216	108	222	112	170	270	46		165	241	46	292	280	340	165	
80	310	380	203	283	356		254	155	190	241	121	241	114	180	280	64		185	283	46	318	310	390	178	49
100	350	430	229	305	432		305	175	215	292	146	305	127	190	300	64			305	52	356	350	450	216	56
125	400	500	254	381	508		356	200	250	330	178	356	140	200	325	70			381	56	400	400	525	254	64
150	480	550	267	403	559		406	225	275	356	203	394	140	210	350	76			403	56	444	450	600	279	70
200	600	650	292	419	660		521	275	325	495	248	457	152	230	400	89			419	60	533	550	750	330	71
250	730	775	330	457	787		635	325		622	311	533	165	250	450	114			457	68	622	650		394	76
300	850	900	356	502	838	—	749	375		698	350	610	178	270	500	114	—		502	78	711	750		419	83
350	980	1025	381	762	889			425		787	394	686	190	290	550	127			572	78	838	850			92
400	1100	1150	406	838	991			475		914	457	762	216	310	600	140			610	102	864	950			102
450	1200	1275	432	914	1092					978		864	222	330	650	152			660	114	978	1050			114
500	1250	1400	457	991	1194					978		914	229	350	700	152		—	711	127	1016	1150			127
600	1450	1650	508	1143	1397					1295		1067	267	390	800	178			787	154	1346	1350			154
700	1650		610	1346	1549					1448			292	430	900	229				165	1499	1450			
800	1850		660						—	1956			318	470	1000	241				190	1778	1650	—		
900	2050		711				—						330	510	1100	241				203	2083			—	
1000	2250		811					—			—		410	550	1200	300			—	216					
1200		—		—	—							—	470	630		350				254					—
1400										—			530	710		390				279	—	—			
1600	—		—										600	790	—	420				318					
1800													670	870		490				356					
2000													760	950		540				406					

① 角式阀门结构长度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.2.1　结构长度基本系列（见表 27-206）

4.2.2　同型系列闸阀结构长度（见表 27-207）

4.2.3　等压系列结构长度（见表 27-208～表 27-216）

表 27-207　同型系列闸阀结构长度

公称直径 *DN*	结构长度 /mm	灰铸铁阀门在 20℃下的最高工作压力/MPa	公称直径 *DN*	结构长度 /mm	灰铸铁阀门在 20℃下的最高工作压力/MPa
40	140	1	350	290	0.4
50	150		400	310	
65	170		450	330	
80	180		500	**350**	
100	190		600	**390**	0.25
125	200		700	**430**	
150	210		800	**470**	0.16
200	230	0.6	900	**510**	0.1
250	250		1000	**550**	
300	270		基本系列	14	—

注：1. 同型系列是指具有规定形状的一系列低压闸阀的总称，对于某一公称直径来说，它具有满足铸造工艺或加工要求的最小壁厚（与在 20℃下具有相同的最高操作压力的“等压系列”不同），由于受阀体和阀盖制造材料的影响，这种系列阀门在 20℃下的最高允许压力随公称直径的增大而减小，因此该闸阀只能在表中所列的最高工作压力下使用。

2. 表 27-207～表 27-214 中黑体字表示为优先选用尺寸。

表 27-208　闸阀结构长度　/mm

公称直径 *DN*	公称压力/MPa								公称直径 *DN*	公称压力/MPa							
	*PN*1.0,1.6 (*PN*2.0, 2.5)		*PN* 2.5,4 (*PN*5)	仅适用于 *PN* 2.5	(*PN* 4)	(*PN* 10)	*PN* 6.4, 10	*PN* 16		*PN*1.0,1.6 (*PN*2.0, 2.5)	*PN* 2.5,4 (*PN*5)	仅适用于 *PN* 2.5	(*PN* 4)	(*PN* 10)	*PN* 6.4, 10	*PN* 16	
	结构长度									结构长度							
	短	长	常规							短	长	常规					
10	**102**	—	—	—	—	—	—	—	250	**330**	**450**	457	**450**	457	787	**650**	—
15	**108**		**140**		140	165		**170**	300	**356**	**500**	502	**500**	502	838	**750**	
20	**117**		**152**		152	190		**190**	350	**381**	**550**	762	**550**	572	889	**850**	
25	**127**		**165**		165	216		**210**	400	**406**	**600**	838	**600**	610	991	**950**	
32	**140**		**178**		178	229		**230**	450	**432**	**650**	914	**650**	660	1092	**1050**	
40	**165**	**240**	**190**	**240**	190	241		**260**	500	**457**	**700**	991	**700**	711	1194	**1150**	
50	**178**	**250**	216	**250**	216	292	**250**	**300**	600	**508**	**800**	1143	**800**	787	1397	**1350**	
65	**190**	**270**	241	**270**	241	330	**280**	**340**	700	**610**	**900**	—	—	—	—	**1450**	
80	**203**	**280**	283	**280**	283	356	**310**	**390**	800	**660**	**1000**					**1650**	
100	**229**	**300**	305	**300**	305	432	**350**	**450**	900	**711**	**1100**					—	
125	**254**	**325**	381	**325**	381	508	**400**	**525**	1000	**811**	**1200**						
150	**267**	**350**	403	**350**	403	559	**450**	**600**	基本系列	3	15	4	15	19	5	22	23
200	**292**	**400**	419	**400**	419	660	**550**	**750**									

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-209 双法兰连接蝶阀和双法兰连接蝶式止回阀结构长度 /mm

公称直径 DN	公称压力/MPa		公称直径 DN	公称压力/MPa	
	PN≤1.6 (PN2.0/2.5)	PN≤2.5 (PN2.0/2.5)		PN≤1.6 (PN2.0/2.5)	PN≤2.5 (PN2.0/2.5)
	结构长度			结构长度	
	短	长		短	长
40	**106**	140	700	292	**430**
50	**108**	150	800	318	**470**
65	**112**	170	900	330	**510**
80	**114**	180	1000	410	**550**
100	**127**	190	1200	470	**630**
125	**140**	200	1400	530	**710**
150	**140**	210	1600	600	**790**
200	**152**	230	1800	670	**870**
250	165	**250**	2000	760	**950**
300	178	**270**	2200		**1000**
350	190	**290**	2400		**1100**
400	216	**310**	2600	—	**1200**
450	222	**330**	2800		**1300**
500	229	**350**	3000		**1400**
600	267	**390**	基本系列	13	14

表 27-210 对夹式蝶阀和对夹式蝶式止回阀结构长度 /mm

公称直径 DN	公称压力/MPa			公称直径 DN	公称压力/MPa		
	PN≤1.6(PN2.0/2.5)				PN≤1.6(PN2.0/2.5)		
	结构长度				结构长度		
	短	中	长		短	中	长
40	**33**		33	500	**127**	127	152
50	**43**	—	43	600	**154**	154	178
65	**46**		46	700	**165**		229
80		49	64	800	**190**		241
100	**52**	56		900	**203**		
125	**56**	64	70	1000	**216**		300
150		70	76	1200	**254**	—	360
200	**60**	71	89	1400			390
250	**68**	76	114	1600	—		440
300	**78**	83		1800			490
350		92	127	2000			540
400	**102**	102	140	基本系列	20	25	16
450	**114**	114	152				

表 27-211 旋塞阀和球阀结构长度 /mm

公称直径 DN	公称压力/MPa						公称直径 DN	公称压力/MPa					
	PN1.0/1.6 (PN2.0/2.5)			PN2.5/4.0 (PN4.0/5.0)		PN 10.0		PN1.0/1.6 (PN2.0/2.5)			PN2.5/4.0 (PN4.0/5.0)		PN 10.0
	结构长度							结构长度					
	短	中	长	短	长	常规		短	中	长	短	长	常规
10	102	**130**	130	—	130	--	150	267	**394**	480	**403**	480	**559**
15	108	**130**	130	140	130	**165**	200	292	**457**	600	**419**(502)①	600	**660**
20	117	**130**	150	152	150	**190**	250	330	**533**	730	**457**(568)①	730	**787**
25	127	**140**	160	165	160	**216**	300	356	**610**	850	**502**(648)①	850	**838**
32	140	**165**	180	178	**180**	**229**	350	381	**686**	980	**762**	980	**889**
40	165	**165**	200	190	**200**	**241**	400	406	**762**	1100	**838**	1100	**991**
50	178	**203**	230	216	**230**	**292**	450	432	**864**	1200	**914**	1200	**1092**
65	190	**222**	290	241	**290**	**330**	500	457	**914**	1250	**991**	1250	**1194**
80	203	**241**	310	283	**310**	**356**	600	508	**1067**	1450	**1143**	1450	**1397**
100	**229**	**305**	350	305	**350**	**432**	700	—	—	—	—	—	**1700**
125	254	**356**	400	**381**	**400**	**508**	基本系列	3	12	1	4	1	5

① 适用于全通径的球阀。

注：不适用于公称直径大于 40mm 以上的上装式全通径球阀以及公称直径大于 300mm 的旋塞阀和全通径球阀。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-212　隔膜阀结构长度　/mm

公称直径 DN	公称压力/MPa			
	PN0.6	PN1.0/1.6 (PN2.0/2.5)		PN2.5/4 (PN5.0)
	结构长度			
	常规	短	长	常规
10	**108**	**108**	130	130
15				
20	**117**	**117**	150	150
25	**127**	**127**	160	160
32	**146**	**146**	180	180
40	**159**	**159**	200	200
50	**190**	**190**	230	230
65	**216**	**216**	290	290
80	**254**	**254**	310	310
100	**305**	**305**	350	350
125	**356**	**356**	400	400
150	**406**	**406**	480	480
200	**521**	**521**	600	600
250	**635**	**635**	730	730
300	**749**	**749**	850	850
基本系列	7	7	1	1

表 27-213　截止阀及止回阀（直通型）结构长度

/mm

公称直径 DN	公称压力/MPa					
	PN1.0/1.6 (PN2.0/2.5)		PN2.5/4.0 (PN4.0/5.0)		PN10.0	
	结构长度					
	短	长	短	长	短	长
10	—	**130**	—	**130**	—	210
15	108	**130**	152	**130**	165	
20	117	**150**	178	**150**	190	230
25	127	**160**	216	**160**	216	
32	140	**180**	229	**180**	229	260
40	165	**200**	241	**200**	241	
50	203	**230**	267	**230**	292	**300**
65	216	**290**	292	**290**	350	**340**
80	241	**310**	318	**310**	356	**380**
100	292	**350**	356	**350**	432	**430**
125	330	**400**	400	**400**	508	**500**
150	356	**480**	444	**480**	559	**550**
200	**495**	600	**533**	600	660	**650**
250	**622**	730	**622**	730	787	**775**
300	**698**	850	**711**	850	338	**900**
350	**787**	980	**838**	980	889	**1025**
400	**914**	1100	**864**①	1100	991	**1150**
450	**978**	1200	**978**	1200	1092	**1275**
500	**978**	1250	**1016**	1250	1194	**1400**
600	**1295**	1450	**1346**	1450	1397	**1650**
700	1448(900)②	1650	**1499**	1650	1651	
800	(1000)②	1850	—	1850	—	
900	1956(1100)②	2050	**2083**	2050		
1000	(1200)②	2250	—	2250		
基本系列	10	1	21	1	5	2

① 仅用于旋启式止回阀。

② 仅用于多瓣旋启式止回阀。

表 27-214　角式截止阀及角式升降止回阀结构长度

/mm

公称直径 DN	公称压力/MPa				
	PN1.0/1.6 (PN2.0/2.5)		PN2.5/4.0 (PN4.0/6.0)	PN10.0	
	结构长度				
	短	长	常规	短	长
10	—	**85**	**85**	—	105
15	57	**90**	**90**	**83**	
20	64	**95**	**95**	**95**	115
25	70	**100**	**100**	**108**	
32	76	**105**	**105**	**114**	130
40	82	**115**	**115**	121	**130**
50	102	**125**	**125**	146	**150**
65	108	**145**	**145**	165	**170**
80	121	**155**	**155**	178	**190**
100	146	**175**	**175**	216	**215**
125	178	**200**	**200**	254	**250**
150	203	**225**	**225**	279	**275**
200	248	275	275	330	**325**
250	311	325	325	394	—
300	350	375	375	419	
350	394	425	425	—	
400	457	475	475		
450	483	500	500		
基本系列	11	8	8	24	9

表 27-215　铜合金闸阀、截止阀及止回阀结构长度

/mm

公称直径 DN	公称压力/MPa	
	PN1.0/1.6 和 PN2.5/4.0(PN2.5/5)	
	结构长度	
	短	长
10	80	108
15		
20	90	117
25	100	127
32	110	146
40	120	159
50	135	190
65	165	216
80	185	254
基本系列	18	7

注：1. 短系列用于所有 PN1.6 及 PN2.5 带螺纹阀盖和整体阀座的阀门。

2. 长系列用于：

a. 所有 PN4.0 的阀门；

b. 平行滑板及双闸板闸阀；

c. 可更换阀座的阀门；

d. 带连接管或螺栓连接阀盖的阀门。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-216 非衬里阀门的结构长度公差 /mm

公称直径 DN	公差	公称直径 DN	公差
≤250	±2	>800～1000	±5
>250～500	±3	>1000～1600	±6
>500～800	±4	>1600～2250	±8

4.3 阀门材料

(1) 欧洲体系（见表 27-217）
(2) 美洲体系（见表 27-218）

4.4 压力-温度等级（GB/T 9124—2000）

(1) 欧洲体系（见表 27-219～表 27-227）
(2) 美洲体系（见表 27-228～表 27-234）

表 27-217 欧洲体系的阀门用材料（PN0.25、0.6、1.0、1.6、2.5、4.0、6.4、10.0、16.0MPa）

材料组号	材料类别	锻件		铸件	
		钢号	标准号	钢号	标准号
2.0	25（低碳钢）	20	JB 4726	WCA	GB/T 12229
		09Mn2VD	JB 4727	—	—
		09MnNiD			
3.0	16Mn 15MnV	16Mn	JB 4726	ZG240/450AG	GB/T 16253
		16MnD	JB 4727	LCB	JB/T 7248
		15MnV	JB 4726	WCB	GB/T 12229
		—	—	WCC	GB/T 12229
5.0	1Cr-0.5Mo	15CrMo	JB 4726	ZG15Cr1Mo	GB/T 16253
6.0	2¼Cr-1Mo	12Cr2Mo1	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253
6.1	5Cr-0.5Mo	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG	GB/T 16253
10.0	304L	00Cr19Ni10	JB 4728	ZG03Cr18Ni10	GB/T 16253
				CF3	GB/T 12230
11.0	304	0Cr18Ni9		ZG07Cr20Ni10	GB/T 16253
				CF8	GB/T 12230
12.0	321	0Cr18Ni10Ti（1Cr18Ni9Ti）		ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253
				CF8C	GB/T 12230
13.0	316L	00Cr17Ni14Mo2		ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253
				CF3M	GB/T 12230
14.0	316	0Cr17Ni12Mo2		ZG07Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253
				CF8M	GB/T 12230

表 27-218 美洲体系的阀门用材料（Class150、300、600、900、1500、2500）

材料组号	材料类别	锻件		铸件	
		钢号	标准号	钢号	标准号
1.0	WCA	20	JB 4726	WCA	GB/T 12229
1.1	WCB	—	—	WCB	GB/T 12229
1.2	WCC	—	—	WCC	GB/T 12229
1.3	16Mn	16Mn	JB 4726	ZG240/450AG	GB/T 16253
		16MnD	JB 4727	LCB	JB/T 7248

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

材料组号	材料类别	锻件		铸件	
		钢号	标准号	钢号	标准号
1.4	09Mn	09Mn2VD	JB 4727	—	—
		09MnNiD			
1.9a	1Cr-0.5Mo	15CrMo	JB 4726	ZG15Cr1Mo	GB/T 16253
1.10	2¼Cr-1Mo	12Cr2Mo1	JB 4726	ZG12Cr2Mo1G	GB/T 16253
1.13	5Cr-0.5Mo	1Cr5Mo	JB 4726	ZG16Cr5MoG	GB/T 16253
2.1	304	0Cr18Ni9	JB 4728	ZG07Cr20Ni10	GB/T 16253
				CF8	GB/T 12230
2.2	316	0Cr17Ni12Mo2		ZG07Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253
				CF8M	GB/T 12230
	3041	00Cr19Ni10		ZG03Cr18Ni10	GB/T 16253
				CF3	GB/T 12230
2.3	316L	00Cr17Ni14Mo2		ZG03Cr19Ni11Mo2	GB/T 16253
				CF3M	GB/T 12230
2.4	321	0Cr18Ni10Ti (1Cr18Ni9Ti)		ZG08Cr20Ni10Nb	GB/T 16253
				CF8C	GB/T 12230

表 27-219　*PN*0.25MPa 法兰最高无冲击工作压力　/MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	0.25	0.25	0.225	0.2	0.175	0.15	0.125	0.088							
3.0	0.25	0.25	0.245	0.238	0.225	0.2	0.175	0.138	0.113						
5.0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.238	0.228	0.223	0.218	0.205	0.185	0.155	0.123	0.095
6.0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.228	0.223	0.218	0.2	0.138	0.125	0.11	0.095
6.1	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	—	—	—	—	—	—	—
10.0	0.223	0.201	0.18	0.163	0.152	0.141	0.134	0.129	—	0.124	—	0.21	—	—	—
11.0	0.234	0.212	0.191	0.174	0.161	0.15	0.143	0.139	—	0.136	—	0.133	—	—	—
12.0	0.247	0.231	0.217	0.206	0.194	0.186	0.179	0.173	—	0.169	—	0.166	—	—	—
13.0	0.241	0.221	0.201	0.186	0.174	0.161	0.154	0.15	—	0.144	—	0.142	—	—	—
14.0	0.25	0.234	0.212	0.197	0.186	0.173	0.167	0.16	—	0.157	—	0.154	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-220　*PN*0.6MPa 法兰最高无冲击工作压力　/MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	0.60	0.60	0.54	0.48	0.42	0.36	0.3	0.21							
3.0	0.60	0.60	0.59	0.57	0.54	0.48	0.42	0.33	0.27						
5.0	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.57	0.546	0.534	0.522	0.492	0.444	0.372	0.294	0.228

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
6.0	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.546	0.534	0.522	0.48	0.33	0.3	0.264	0.228
6.1	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	—	—	—	—	—	—	—
10.0	0.54	0.48	0.43	0.39	0.37	0.34	0.32	0.31	—	0.3	—	0.29	—	—	—
11.0	0.56	0.51	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.33	—	0.33	—	0.32	—	—	—
12.0	0.59	0.55	0.52	0.49	0.47	0.45	0.43	0.42	—	0.41	—	0.4	—	—	—
13.0	0.58	0.53	0.48	0.45	0.42	0.39	0.37	0.36	—	0.35	—	0.34	—	—	—
14.0	0.6	0.56	0.51	0.47	0.45	0.42	0.4	0.38	—	0.38	—	0.37	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-221 *PN*1.0MPa 法兰最高无冲击工作压力 /MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.35							
3.0	1.0	1.0	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.55	0.45						
5.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.91	0.89	0.87	0.82	0.74	0.62	0.49	0.38
6.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.91	0.89	0.87	0.8	0.55	0.5	0.44	0.38
6.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—
10.0	0.89	0.8	0.72	0.65	0.61	0.56	0.54	0.52	—	0.5	—	0.48	—	—	—
11.0	0.94	0.85	0.76	0.7	0.64	0.6	0.57	0.56	—	0.54	—	0.53	—	—	—
12.0	0.99	0.92	0.87	0.82	0.78	0.74	0.72	0.69	—	0.68	—	0.66	—	—	—
13.0	0.96	0.88	0.8	0.74	0.7	0.64	0.62	0.6	—	0.58	—	0.57	—	—	—
14.0	1.0	0.94	0.85	0.79	0.74	0.69	0.67	0.64	—	0.63	—	0.62	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-222 *PN*1.6MPa 法兰最高无冲击工作压力 /MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	1.6	1.6	1.44	1.28	1.12	0.96	0.8	0.56							
3.0	1.6	1.6	1.57	1.52	1.44	1.28	1.12	0.88	0.72						
5.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.52	1.456	1.424	1.392	1.312	1.184	0.992	0.784	0.608
6.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.456	1.424	1.392	1.28	0.88	0.8	0.704	0.608
6.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	—	—	—	—	—	—	—
10.0	1.43	1.29	1.15	1.05	0.97	0.9	0.86	0.82	—	0.8	—	0.78	—	—	—
11.0	1.5	1.36	1.22	1.12	1.03	0.96	0.92	0.89	—	0.87	—	0.85	—	—	—
12.0	1.58	1.48	1.39	1.32	1.24	1.19	1.14	1.11	—	1.08	—	1.06	—	—	—
13.0	1.54	1.42	1.29	1.19	1.12	1.03	0.99	0.96	—	0.92	—	0.91	—	—	—
14.0	1.6	1.5	1.36	1.26	1.19	1.11	1.07	1.02	—	1.0	—	0.99	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-223　*PN*2.5MPa 法兰最高无冲击工作压力　/MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	2.5	2.5	2.25	2.0	1.75	1.5	1.25	0.88							
3.0	2.5	2.5	2.45	2.38	2.25	2.0	1.75	1.38	1.13						
5.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.38	2.28	2.23	2.18	2.05	1.85	1.55	1.23	0.95
6.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.28	2.23	2.18	2.0	1.38	1.25	1.1	0.95
6.1	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	—	—	—	—	—	—	—
10.0	2.23	2.01	1.8	1.63	1.52	1.41	1.34	1.29	—	1.24	—	1.21	—	—	—
11.0	2.34	2.12	1.91	1.74	1.61	1.5	1.43	1.39	—	1.36	—	1.33	—	—	—
12.0	2.47	2.31	2.17	2.06	1.94	1.86	1.79	1.73	—	1.69	—	1.66	—	—	—
13.0	2.41	2.21	2.01	1.86	1.74	1.61	1.54	1.5	—	1.44	—	1.42	—	—	—
14.0	2.5	2.34	2.12	1.97	1.86	1.73	1.67	1.6	—	1.57	—	1.54	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-224　*PN*4.0MPa 法兰最高无冲击工作压力　/MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	4.0	4.0	3.6	3.2	2.8	2.4	2.0	1.4							
3.0	4.0	4.0	3.92	3.8	3.6	3.2	2.8	2.2	1.8						
5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.8	3.64	3.56	3.48	3.28	2.96	2.48	1.96	1.52
6.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.64	3.56	3.48	3.2	2.2	2.0	1.76	1.52
6.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—
10.0	3.57	3.22	2.88	2.61	2.44	2.26	2.15	2.06	—	1.99	—	1.94	—	—	—
11.0	3.75	3.4	3.06	2.79	2.58	2.4	2.29	2.22	—	2.17	—	2.13	—	—	—
12.0	3.95	3.7	3.47	3.29	3.11	2.97	2.86	2.77	—	2.7	—	2.65	—	—	—
13.0	3.86	3.54	3.22	2.97	2.79	2.58	2.47	2.4	—	2.31	—	2.28	—	—	—
14.0	4.0	3.75	3.4	3.15	2.97	2.77	2.67	2.56	—	2.51	—	2.47	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-225　*PN*6.3MPa 法兰最高无冲击工作压力　/MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	5.28	5.10	4.85	4.47	4.10	3.72	3.15	2.21							
3.0	6.3	6.3	6.17	5.99	5.67	5.04	4.41	3.47	2.84						
5.0	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.99	5.73	5.61	5.48	5.17	4.66	3.91	3.09	2.39
6.0	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	5.73	5.61	5.48	5.04	3.47	3.15	2.77	2.39
6.1	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	—	—	—	—	—	—	—
10.0	5.61	5.04	4.54	4.1	38.4	3.53	3.4	3.28	—	3.15	—	3.13	—	—	—
11.0	5.92	5.36	4.79	4.41	4.03	3.78	3.59	3.53	—	3.4	—	3.34	—	—	—
12.0	6.24	5.8	5.48	5.17	4.91	4.66	4.54	4.35	—	4.28	—	4.16	—	—	—
13.0	6.05	5.54	5.04	4.66	4.41	4.03	3.91	3.78	—	3.65	—	3.59	—	—	—
14.0	6.3	6.11	5.8	5.48	5.23	4.90	4.73	4.6	—	4.47	—	4.41	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-226 *PN*10.0MPa 法兰最高无冲击工作压力 /MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	8.4	8.1	7.7	7.1	6.5	5.9	5.0	3.5							
3.0	10.0	10.0	9.8	9.5	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5						
5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.5	9.1	8.9	8.7	8.2	7.4	6.2	4.9	3.8
6.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.1	8.9	8.7	8.0	5.5	5.0	4.4	3.8
6.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	—	—	—	—	—	—	—
10.0	8.9	8.0	7.2	6.5	6.1	5.6	5.4	5.2	—	5.0	—	4.8	—	—	—
11.0	9.4	8.5	7.6	7.0	6.4	6.0	5.7	5.6	—	5.4	—	5.3	—	—	—
12.0	9.9	9.2	8.7	8.2	7.8	7.4	7.2	6.9	—	6.8	—	6.6	—	—	—
13.0	9.6	8.8	8.0	7.4	7.0	6.4	6.2	6.0	—	5.8	—	5.7	—	—	—
14.0	10.0	9.4	8.5	7.9	7.4	6.9	6.7	6.4	—	6.3	—	6.2	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-227 *PN*16.0MPa 法兰最高无冲击工作压力 /MPa

材料组号	工作温度/℃														
	≤20	100	150	200	250	300	350	400	425	450	475	500	510	520	530
2.0	13.4	13.0	12.3	11.4	10.4	9.4	8.0	5.6							
3.0	16.0	16.0	15.7	15.2	14.4	12.8	11.2	8.8	7.2						
5.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.2	14.6	14.2	13.9	13.1	11.8	9.9	7.8	6.1
6.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	14.6	14.2	13.9	12.8	8.8	8.0	7.0	6.1
6.1	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	—	—	—	—	—	—	—
10.0	14.3	12.9	11.5	10.5	9.7	9.0	8.6	8.2	—	8.0	—	7.8	—	—	—
11.0	15.0	13.6	12.2	11.2	10.3	9.6	9.2	8.9	—	8.7	—	8.5	—	—	—
12.0	15.8	14.8	13.9	13.2	12.4	11.9	11.4	11.1	—	10.8	—	10.6	—	—	—
13.0	15.4	14.2	12.9	11.9	11.2	10.3	9.9	9.6	—	9.2	—	9.1	—	—	—
14.0	16.0	15.0	13.6	12.6	11.9	11.1	10.7	10.2	—	10.0	—	9.9	—	—	—

注：工作温度高于表列温度时，缺乏确切的数值。

表 27-228 *PN*2.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 150） /MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	1.58	1.96	2.0	1.84	1.63	1.83	2.0	2.0	1.9	1.9	1.59	1.9
50	1.53	1.92	1.92	1.81	1.6	1.76	1.92	1.92	1.84	1.84	1.53	1.84
100	1.42	1.77	1.77	1.73	1.48	1.67	1.77	1.77	1.57	1.62	1.32	1.59
150	1.35	1.58	1.58	1.58	1.45	1.58	1.58	1.58	1.39	1.48	1.2	1.44
200	1.27	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.26	1.37	1.1	1.32
250	1.15	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.17	1.21	1.02	1.21
300	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	0.97	1.02

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
350	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
375	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
400	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
425	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
450	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
475	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37		0.37
500						0.28	0.28	0.28	0.28	0.28		0.28
525						0.19	0.19	0.19	0.19	0.19		0.19
540						0.13	0.13	0.13	0.13	0.13		0.13

表 27-229　*PN*5.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 300）　/MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	3.95	5.11	5.17	4.79	4.25	4.74	5.17	5.17	4.96	4.96	4.14	4.96
50	3.85	5.01	5.17	4.73	4.17	4.68	5.12	5.17	4.78	4.81	4.0	4.8
100	3.56	4.64	5.15	4.51	3.86	4.66	4.9	5.15	4.09	4.22	3.45	4.15
150	3.39	4.52	5.02	4.4	3.77	4.64	4.66	5.02	3.63	3.85	3.12	3.75
200	3.18	4.38	4.88	4.27	3.66	4.55	4.48	4.88	3.28	3.57	2.87	3.44
250	2.88	4.17	4.63	4.06	3.47	4.45	4.42	4.63	3.05	3.34	2.67	3.21
300	2.57	3.87	4.24	3.77	3.23	4.24	4.24	4.24	2.91	3.16	2.52	3.05
350	2.39	3.7	4.02	3.6	3.09	4.02	4.02	4.02	2.81	3.04	2.4	2.93
375	2.29	3.65	3.88	3.53	3.09	3.88	3.88	3.88	2.78	2.97	2.36	2.89
400	2.19	3.45	3.45	3.24	3.03	3.66	3.66	3.66	2.75	2.91	2.32	2.86
425	2.12	2.88	2.88	2.73	2.58	3.51	3.51	3.45	2.72	2.87	2.27	2.85
450	1.96	2.0	2.0	1.98	1.96	3.38	3.38	3.09	2.69	2.81	2.23	2.82
475	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	3.17	3.17	2.59	2.66	2.74		2.8
500						2.78	2.78	2.03	2.61	2.68		2.78
525						2.03	2.19	1.54	2.39	2.58		2.58
550						1.28	1.64	1.17	2.18	2.5		2.5
575						0.85	1.17	0.88	2.01	2.41		2.28
600						0.59	0.76	0.65	1.67	2.14		1.98
625									1.31	1.83		1.58
650									1.05	1.41		1.25
675									0.78	1.26		0.98
700									0.6	0.99		0.77
725									0.46	0.77		0.62
750									0.37	0.59		0.48
775									0.28	0.46		0.38
800									0.21	0.35		0.3

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 27-230 *PN*11.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 600） /MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	7.9	10.21	10.34	9.57	8.51	9.48	10.34	10.34	9.93	9.93	8.27	9.93
50	7.75	10.02	10.34	9.46	8.34	9.38	10.24	10.34	9.57	9.63	7.99	9.6
100	7.12	9.28	10.31	9.02	7.72	9.32	9.81	10.31	8.18	8.44	6.9	8.3
150	6.78	9.05	10.04	8.79	7.54	9.27	9.33	10.04	7.27	7.7	6.25	7.5
200	6.36	8.76	9.76	8.54	7.31	9.1	8.97	9.76	6.55	7.13	5.74	6.87
250	5.76	8.34	9.27	8.12	6.94	8.89	8.84	9.27	6.11	6.68	5.34	6.41
300	5.14	7.75	8.49	7.54	6.46	8.49	8.49	8.49	5.81	6.33	5.05	6.11
350	4.78	7.39	8.05	7.19	6.19	8.05	8.05	8.05	5.61	6.08	4.81	5.87
375	4.58	7.29	7.76	7.06	6.17	7.76	7.76	7.76	5.55	5.94	4.72	5.78
400	4.38	6.9	6.9	6.48	6.06	7.32	7.32	7.32	5.49	5.82	4.63	5.73
425	4.24	5.75	5.75	5.46	5.16	7.02	7.02	6.9	5.43	5.73	4.54	5.7
450	3.92	4.01	4.01	3.96	3.92	6.76	6.76	6.18	5.37	5.62	4.45	5.64
475	2.71	2.71	2.71	2.71	2.71	6.33	6.33	5.18	5.31	5.47		5.6
500						5.56	5.56	4.05	5.21	5.37		5.56
525						4.05	4.38	3.08	4.78	5.16		5.16
550						2.55	3.27	2.34	4.36	4.99		4.99
575						1.7	2.34	1.76	4.01	4.82		4.56
600						1.18	1.53	1.31	3.34	4.29		3.96
625									2.62	3.65		3.16
650									2.1	2.82		2.5
675									1.55	2.53		1.97
700									1.2	1.99		1.54
725									0.93	1.54		1.24
750									0.73	1.1		0.96
775									0.56	0.91		0.75
800									0.41	0.7		0.61

表 27-231 *PN*15.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 900） /MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	11.85	15.32	15.52	14.36	12.76	14.23	15.52	15.52	14.89	14.89	12.41	14.89
50	11.6	15.02	15.52	14.19	12.52	14.06	15.36	15.52	14.35	14.44	11.99	14.39
100	10.68	13.91	15.46	13.53	11.58	13.99	14.71	15.46	12.26	12.66	10.35	12.45
150	10.17	13.57	15.06	13.19	11.31	13.91	13.99	15.06	10.9	11.55	9.37	11.25
200	9.54	13.15	14.64	12.8	10.97	13.64	13.45	14.64	9.83	10.7	8.61	10.31
250	8.64	12.52	13.9	12.18	10.41	13.34	13.27	13.9	9.16	10.02	8.01	9.62

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
300	7.71	11.62	12.73	11.31	9.69	12.73	12.73	12.73	8.72	9.49	7.57	9.16
350	7.17	11.09	12.07	10.79	9.28	12.07	12.07	12.07	8.42	9.13	7.21	8.8
375	6.87	10.94	11.64	10.59	9.26	11.64	11.64	11.64	8.33	8.91	7.08	8.68
400	6.57	10.35	10.35	9.72	9.09	10.98	10.98	10.98	8.24	8.73	6.95	8.59
425	6.36	8.63	8.63	8.19	7.74	10.53	10.53	10.35	8.15	8.6	6.81	8.54
450	5.87	6.01	6.01	5.94	5.87	10.14	10.14	9.27	8.06	8.42	6.68	8.46
475	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	9.5	9.5	7.77	7.97	8.21		8.4
500						8.34	8.34	6.08	7.82	8.05		8.34
525						6.08	6.58	4.63	7.16	7.74		7.74
550						3.83	4.91	3.5	6.54	7.49		7.49
575						2.55	3.51	2.64	6.02	7.23		6.84
600						1.76	2.29	1.96	5.01	6.43		5.94
625									3.92	5.48		4.74
650									3.16	4.24		3.74
675									2.33	3.79		2.95
700									1.79	2.98		2.3
725									1.39	2.31		1.86
750									1.1	1.76		1.44
775									0.84	1.37		1.13
800									0.62	1.05		0.91

表 27-232　*PN*26.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 1500）　　/MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	19.75	25.53	25.86	23.94	21.27	23.7	25.86	25.86	24.82	24.82	20.68	24.82
50	19.3	25.04	25.86	23.65	20.86	23.43	25.6	25.86	23.92	24.06	19.98	23.99
100	17.8	23.19	25.77	22.55	19.31	23.31	24.52	25.77	20.44	21.1	17.24	20.75
150	16.9	22.61	25.1	21.98	18.86	23.19	23.32	25.1	18.17	19.25	15.61	18.75
200	15.9	21.91	24.39	21.34	18.28	22.74	22.42	24.39	16.38	17.84	14.35	17.19
250	14.35	20.86	23.17	20.29	17.36	22.23	22.11	23.17	15.27	16.69	13.35	16.03
300	12.85	19.37	21.21	18.85	16.15	21.21	21.21	21.21	14.53	15.81	12.62	15.27
350	11.95	18.48	20.12	17.98	15.46	20.12	20.12	20.12	14.03	15.21	12.02	14.67
375	11.45	18.23	19.4	17.66	15.43	19.4	19.4	19.4	13.88	14.85	11.8	14.46
400	10.9	17.25	17.25	16.2	15.15	18.29	18.29	18.29	13.73	14.56	11.58	14.31
425	10.6	14.38	14.38	13.65	12.89	17.55	17.55	17.25	13.58	14.33	11.35	14.24
450	9.79	10.02	10.02	9.9	9.79	16.9	16.9	15.45	13.43	14.04	11.13	14.1
475	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	15.83	15.83	12.95	13.28	13.68		14.01

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
500						13.9	13.9	10.13	13.03	13.41		13.9
525						10.13	10.96	7.71	11.94	12.9		12.9
550						6.38	8.18	5.84	10.91	12.48		12.48
575						4.25	5.85	4.41	10.04	12.05		11.39
600						2.94	3.82	3.26	8.36	10.72		9.9
625									6.54	9.13		7.9
650									5.26	7.06		6.24
675									3.88	6.32		4.92
700									2.99	4.97		3.84
725									2.31	3.85		3.1
750									1.83	2.94		2.4
775									1.4	2.28		1.88
800									1.03	1.75		1.52

表 27-233 *PN*42.0MPa 法兰最高无冲击工作压力（Class 2500） /MPa

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
≤38	33.15	42.55	43.1	39.89	35.46	39.51	43.1	43.1	41.36	41.36	34.46	41.36
50	32.6	41.73	43.1	39.42	34.77	39.07	42.67	43.1	39.86	40.1	33.3	39.98
100	29.95	38.65	42.95	37.59	32.18	38.85	40.87	42.95	34.07	35.17	28.74	34.59
150	28.4	37.69	41.83	36.63	31.43	38.64	38.86	41.83	30.28	32.09	26.02	31.25
200	26.7	36.52	40.66	35.56	30.47	37.9	37.37	40.66	27.3	29.73	23.91	28.65
250	24.15	34.77	38.61	33.82	28.93	37.06	36.85	38.61	25.45	27.82	22.25	26.72
300	21.6	32.28	35.35	31.42	26.91	35.35	35.35	35.35	24.21	26.36	21.04	25.45
350	20.05	30.8	33.53	29.97	25.77	33.53	33.53	33.53	23.38	25.38	20.04	24.45
375	19.2	30.39	32.34	29.43	25.52	32.34	32.34	32.34	23.13	24.75	19.67	24.1
400	18.35	28.75	28.75	27.0	25.25	30.49	30.49	30.49	22.89	24.26	19.29	23.86
425	17.8	23.96	23.96	22.75	21.49	29.25	29.25	28.75	22.64	23.89	18.92	23.73
450	16.32	16.69	16.69	16.5	16.32	28.17	28.17	25.76	22.39	23.4	18.55	23.49
475	11.29	11.29	11.29	11.29	11.29	26.38	26.38	21.38	22.14	22.8		23.35
500						23.16	23.16	16.89	21.72	22.36		23.16
525						16.89	18.27	12.85	19.9	21.49		21.49
550						10.64	13.64	9.73	18.18	20.8		20.8
575						7.08	9.75	7.34	16.73	20.08		18.99
600						4.9	6.36	5.44	13.93	17.86		16.51
625									10.9	15.21		13.16

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

工作温度/℃	材料组号											
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.9a	1.10	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
650									8.76	11.77		10.4
675									6.46	10.53		8.19
700									4.98	8.29		6.4
725									3.85	6.42		5.16
750									3.04	4.9		4.0
775									2.33	3.8		3.13
800									1.71	2.92		2.52

表 27-234 钢制管法兰最高工作压力额定值 /MPa

温度/℃	*PN*2.0	*PN*5.0	*PN*11.0	*PN*15.0	*PN*26.0	*PN*42.0
≤38	2.0	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
50	1.92	5.17	10.34	15.52	25.86	43.1
100	1.77	5.15	10.31	15.46	25.77	42.95
150	1.58	5.02	10.04	15.06	25.1	41.83
200	1.4	4.88	9.76	14.64	24.39	40.66
250	1.21	4.63	9.27	13.9	23.17	38.61
300	1.02	4.24	8.49	12.73	21.21	35.35
350	0.84	4.02	8.05	12.07	20.12	33.53
375	0.74	3.88	7.76	11.64	19.4	32.34
400	0.65	3.66	7.32	10.98	18.29	30.49
425	0.56	3.51	7.02	10.53	17.55	29.25
450	0.47	3.38	6.76	10.14	16.9	28.17
475	0.37	3.17	6.33	9.5	15.83	26.38
500	0.28	2.78	5.56	8.34	13.9	23.16
525	0.19	2.58	5.16	7.74	12.9	21.49
550	0.13①	2.5	4.99	7.49	12.48	20.8
575		2.41	4.82	7.23	12.05	20.08
600		2.14	4.29	6.43	10.72	17.86
625		1.83	3.65	5.48	9.13	15.21
650		1.41	2.82	4.24	7.06	11.77
675		1.26	2.53	3.79	6.32	10.53
700		0.99	1.99	2.98	4.97	8.29
725		0.77	1.54	2.31	3.85	6.42
750		0.59	1.1	1.76	2.94	4.9
775		0.46	0.91	1.37	2.28	3.8
800		0.35	0.7	1.05	1.75	2.92

① *PN*2.0MPa 的最高额定工作压力值为 540℃时的值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.5 阀门压力试验（GB/T 13927—1992）

(1) 试验压力

试验压力应符合表 27-235、表 27-236 的规定，试验压力在试验持续时间内应维持不变。

表 27-235 壳体试验的试验压力

公称压力 PN/MPa	试验介质	试验压力
<0.25	液体	0.1MPa+20℃下最大允许工作压力
≥0.25	液体	20℃下最大允许工作压力的 1.5 倍

注：20℃下最大允许工作压力值，按有关产品标准的规定。当有关标准未作规定时，可按 GB/T 13927—1992 附录 A（参考件）确定。

表 27-236 密封和上密封试验的试验压力

公称直径 DN/mm	公称压力 PN/MPa	试验介质	试验压力
≤80	所有压力	液体或气体	20℃下最大允许工作压力的 1.1 倍（液体）0.6MPa（气体）
100～200	≤5		
	>5	液体	20℃下最大允许工作压力的 1.1 倍
≥250	所有压力		

(2) 试验的持续时间

试验的持续时间应符合表 27-237、表 27-238 的规定，且还应满足具体的检漏方法对试验持续时间的要求。

表 27-237 壳体试验的试验持续时间

公称直径 DN/mm	≤50	65～200	≥250
最短试验持续时间/s	15	60	180

表 27-238 密封和上密封试验的试验持续时间

公称直径 DN/mm	最短试验持续时间/s		
	密封试验		上密封试验
	金属密封	非金属弹性密封	
≤50	15	15	10
65～200	30	15	15
250～450	60	30	20
≥500	120	60	30

(3) 试验方法和步骤

应先进行上密封试验和壳体试验，然后进行密封试验。

① 上密封试验 封闭阀门进口和出口，放松填料压盖（如果阀门设有上密封检查装置，且在不放松填料压盖的情况下能够可靠地检查上密封的性能，则不必放松填料压盖），阀门处于全开状态，使上密封关闭，给体腔充满试验介质，并逐渐加压到规定的试验压力，然后检查上密封性能。

② 壳体试验 封闭阀门进口和出口，压紧填料压盖以便保持试验压力，启闭件处于部分开启状态。给体腔充满试验介质，并逐渐加压到试验压力（止回阀应从进口端加压），然后对壳体（包括填料函及阀体与阀盖联结处）进行检查。

③ 密封试验 主要阀类的加压方法按表 27-239 的规定。但对于规定了介质流通方向的阀门，应按规定的流通方向加压（止回阀除外）。试验时应逐渐加压到规定的试验压力，然后检查密封副的密封性能。

表 27-239

阀类	加压方法
闸阀 球阀 旋塞阀	封闭阀门两端，启闭件处于微开启状态，给体腔充满试验介质，并逐渐加压到试验压力；关闭启闭件，释放阀门一端的压力。阀门另一端也按同样方法加压。 有两个独立密封副的阀门也可以向两个密封副之间的体腔引入介质并施加压力
截止阀 隔膜阀	应在对阀座密封最不利的方向上向启闭件加压。例如：对于截止阀和角式隔膜阀，应沿着使阀瓣打开的方向引入介质并施加压力
蝶阀	应沿着对密封最不利的方向引入介质并施加压力。对称阀座的蝶阀可沿任一方向加压
止回阀	应沿着使阀瓣关闭的方向引入介质并施加压力

(4) 评定指标

① 壳体试验 试验时，承压壁及阀体与阀盖连接处不得有可见渗漏，壳体（包括填料函及阀体与阀盖联结处）不应有结构损伤。如无特殊规定，在壳体试验压力下允许填料处泄漏，但当试验压力降到密封试验压力时，应无可见泄漏。

② 上密封试验 在试验持续时间内无可见泄漏。

③ 密封试验 其最大允许泄漏量见表 27-240 的规定。表中的泄漏量只适用于向大气排放的情况。A 级适用于非金属弹性密封阀门，B、C、D 级适用于金属密封阀门。其中：B 级适用于比较关键的阀门，D 级适用于一般的阀门。各类阀门的最大允许泄漏量（等级）应按有关产品标准的规定。如果有关标准未作具体规定，则非金属弹性密封阀门按 A 级要求，金属密封阀门按 D 级要求。如用户要求按 B 级或 C 级时，应在订货合同中规定。

表 27-240

试验介质	最大允许泄漏量/(mm^3/s)			
	A 级	B 级	C 级	D 级
液体	在试验持续时间内无可见泄漏	0.01×DN	0.03×DN	0.1×DN
气体		0.3×DN	3×DN	30×DN

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第28章　非金属管道和管件

1　非金属管道

1.1　纤维缠绕增强热固性树脂压力（RTRP-FW）管（JC 552—1994）

1.1.1　承插胶粘直管、对接直管和 O 形环承插连接直管（见图 28-1、表 28-1）

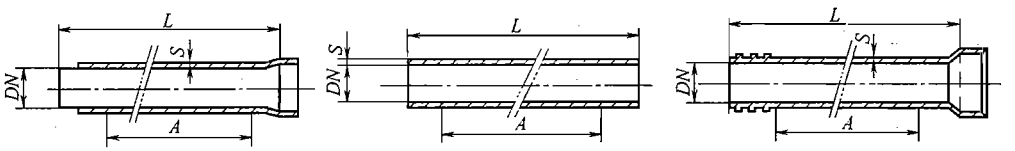
1.1.2　玻璃钢管和管件（HG/T 21633—1991）

(1) 低压接触成型直管（见表 28-2）

(2) 长丝缠绕直管（见表 28-3）

(3) 90°、45°弯头和三通（见图 28-2、表 28-4）

(4) 异径管（见图 28-3、表 28-5）



承插胶粘直管　　对接直管　　O形环承插连接直管

图 28-1

表 28-1　玻璃钢直管尺寸　　/mm

公称直径 DN	公称压力 PN/MPa									管道长度 L
	0.6			1.0			1.6			
	壁厚 S	质量 /(kg/m)	中心支撑距 A	壁厚 S	质量 /(kg/m)	中心支撑距 A	壁厚 S	质量 /(kg/m)	中心支撑距 A	
50	4.0	1.1	3000	4.0	1.1	3000	4.0	1.1	3000	6000
65	4.0	1.5	3000	4.0	1.5	3000	4.0	1.5	3000	6000
80	4.0	1.8	3000	4.0	1.8	3000	4.0	1.8	3000	6000
100	4.0	2.3	3000	4.0	2.3	3000	4.0	2.3	3000	6000
125	4.0	2.8	3000	4.0	2.8	3000	4.0	2.8	3000	6000
150	4.0	3.4	3000	4.0	3.4	3000	4.3	3.6	3000	6000
200	4.0	4.6	4000	4.0	4.6	4000	5.3	6.2	4000	12000
250	4.0	5.7	4000	4.5	6.5	4000	6.2	9.1	4000	12000
300	4.0	6.8	4000	5.1	8.9	4000	7.2	12.9	4000	12000
350	4.0	8.0	4000	5.7	11.7	4000	8.1	17.9	4000	12000
400	4.4	10.1	4000	6.3	14.7	4000	9.1	21.0	4000	12000
450	4.7	12.2	4000	6.8	18.2	4000	10.0	27.2	4000	12000
500	5.1	14.8	4000	7.4	22.1	4000	11.0	33.4	4000	12000
600	6.0	21.2	6000	8.7	30.9	6000	13.0	47.6	6000	12000

注："A" 系指管道安装时支撑中心距。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-2 低压接触成型直管尺寸

公称直径 DN	受内压条件下最小壁厚/mm			长度/m
	0.25MPa	0.4MPa	0.6MPa	
50	5.0	5.0	5.0	4,6,12
80	5.0	5.0	5.0	
100	5.0	5.0	5.0	
150	5.0	5.0	6.5	
200	5.0	6.5	8.0	
250	6.5	6.5	8.0	
300	6.5	8.0	10.0	
350	6.5	8.0	10.0	
400	6.5	10.0	12.0	
450	8.0	10.0	14.0	
500	8.0	10.0	14.0	
600	10.0	12.0	17.0	

注：由于承压低，已不常用。

表 28-3 长丝缠绕直管尺寸

公称直径 DN	受内压条件下最小壁厚/mm			长度/m
	0.6MPa	1.0MPa	1.6MPa	
50	4.5	4.5	4.5	4,6,12
80	4.5	4.5	4.5	
100	4.5	4.5	4.5	
150	4.5	4.5	4.5	
200	4.5	4.5	6.0	
250	4.5	4.5	7.5	
300	4.5	6.0	9.0	
350	4.5	6.0	10.5	
400	4.5	7.5	12.0	
450	6.0	9.0	13.5	
500	6.0	9.0	13.5	
600	7.5	10.5	16.5	

表 28-4 90°、45°弯头和三通尺寸 /mm

公称直径 DN	中心至端面距离			受内压条件下最小壁厚		
	A	R	C	0.6MPa	1.0MPa	1.6MPa
50	150	150	65	6	6	6
80	175	150	95	6	6	6
100	200	150	95	6	6	8
150	250	225	125	6	8	10
200	300	300	125	6	8	14
250	350	375	155	8	10	16
300	400	450	185	8	12	19
350	450	525	215	10	14	22
400	500	600	250	10	16	25
450	525	675	280	12	18	28
500	550	750	310	12	20	31
600	600	900	375	15	24	38

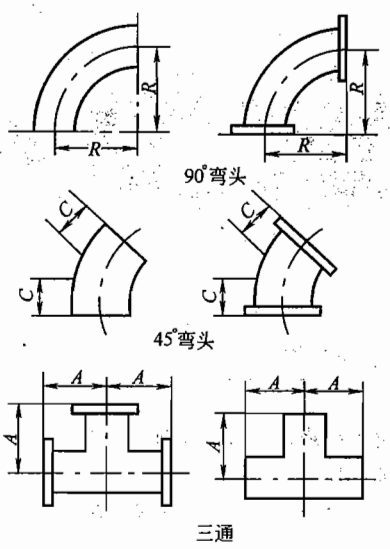


图 28-2

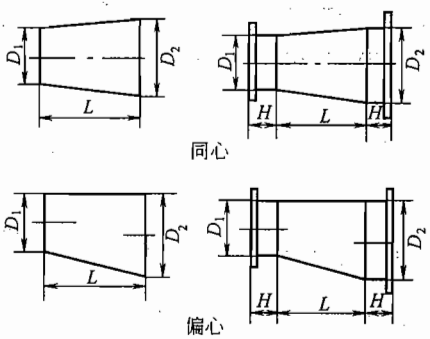


图 28-3

表 28-5 异径管尺寸 /mm

公称直径 $D_1\times D_2$	端面至端面长度 L	直管段长度 H	公称直径 $D_1\times D_2$	端面至端面长度 L	直管段长度 H
80×50	150	150	350×250	400	300
100×50	155	150	350×300	400	300
100×80	150	150	400×300	450	300
150×80	200	150	400×350	450	300
150×100	200	150	450×350	500	300
200×100	250	200	450×400	500	300
200×150	250	200	500×400	550	300
250×150	300	250	500×450	550	300
250×200	300	250	600×450	600	300
300×200	350	250	600×500	600	300
300×250	350	250			

注：异径管的壁厚可参照与大端相应的弯头或三通厚度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2　增强聚丙烯管（HG 20539—1992）

增强聚丙烯管（FRPP）是以短切玻璃纤维内增强聚丙烯为原料挤出成型的管道，具有轻质高强，耐腐蚀性好，成型方便，致密性好，价格低（与 FRP 管相比，为其 1/2）等特点。使用温度 120℃，使用压力不大于 1.0MPa。

1.2.1　直管（见图 28-4、表 28-6）

1.2.2　管件

（1）90°、45°弯头，三通（平口）（见图 28-5、表 28-7）

（2）虾米腰焊接弯头（见图 28-6、表 28-8）

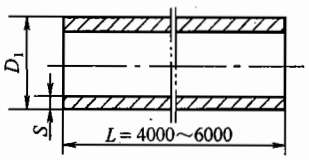


图 28-4

表 28-6　增强聚丙烯直管尺寸　/mm

公称外径 D_1	外径公差	公称压力 0.6MPa			公称压力 1.0MPa		
		壁厚 S	公差	近似质量/(kg/m)	壁厚 S	公差	近似质量/(kg/m)
17	±0.3	3.0	+0.5	0.13	3.0	+0.5	0.13
21	±0.3	3.0	+0.5	0.16	3.0	+0.5	0.16
27	±0.3	3.0	+0.5	0.22	3.5	+0.6	0.32
34	±0.3	3.5	+0.6	0.32	4.5	+0.7	0.52
48	±0.4	3.5	+0.6	0.47	5.5	+0.8	0.89
60	±0.5	3.5	+0.6	0.60	6.0	+0.8	1.19
75	±0.7	3.9	+0.6	0.88	6.2	+0.9	1.35
90	±0.9	4.7	+0.7	1.27	7.5	+1.0	1.96
110	±1.0	5.7	+0.8	1.89	9.1	+1.2	2.91
125	±1.2	6.5	+0.9	2.44	10.4	+1.3	3.78
140	±1.3	7.2	+1.0	3.03	11.6	+1.4	4.73
160	±1.5	8.3	+1.1	4.00	13.3	+1.6	6.19
180	±1.7	9.3	+1.2	5.04	14.9	+1.7	7.81
200	±1.8	10.3	+1.3	6.20	16.6	+1.9	9.66
225	±2.1	11.6	+1.4	7.85	18.7	+2.1	12.24
250	±2.3	12.9	+1.5	9.70	20.7	+2.3	15.06
280	±2.6	14.4	+1.7	12.14	23.2	+2.6	18.90
315	±2.9	16.2	+1.9	15.36	26.1	+2.9	23.33
355	±3.2	18.3	+2.1	19.55	29.4	+3.2	30.37
400	±3.6	20.6	+2.3	24.80	33.2	+3.6	38.64
450	±4.1	23.2	+3.7	31.42			
500	±4.5	25.7	+4.1	38.68			

注：管道连接方式：公称外径 $D_1$17～60，采用螺纹连接；公称外径 $D_1$75～500，采用热熔挤压焊接和法兰连接两种，也可采用承插法连接。

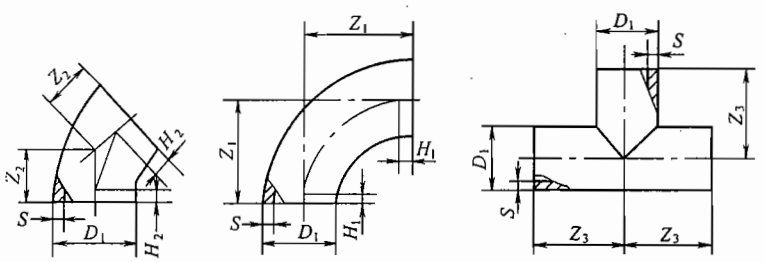


图 28-5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-7 90°、45°弯头，三通（平口）尺寸 /mm

公称外径 D_1	壁厚 S		90°弯头		45°弯头		三通
	0.6MPa	1.0MPa	直管长 H_1	中心至端面 Z_1(最小)	直管长 H_2	中心至端面 Z_2(最小)	中心至端面 Z_3(最小)
75	4.5	7.2	6	78	19	49	75
90	5.4	8.6	6	93	22	57	90
110	6.6	10.5	8	115	28	70	110
125	7.5	11.9	8	130	32	79	125
140	8.3	13.3	8	145	35	88	140
160	9.5	15.2	8	165	40	95	145
180	10.7	17.2	8	184	45	100	155
200	11.9	19.0	8	204	50	110	170
225	13.4	21.4	10	231	55	140	220
250	14.9	23.8	10	256	60	156	220
280	16.6	26.7	10	286	70	175	250
315	18.7	30.0	10	320	80	198	275
355	21.1	33.8	10	360	80	221	300
400	23.8	38.1	12	405	90	249	325
450	26.7		12	455	100	280	350
500	29.7		12	505	100	311	400

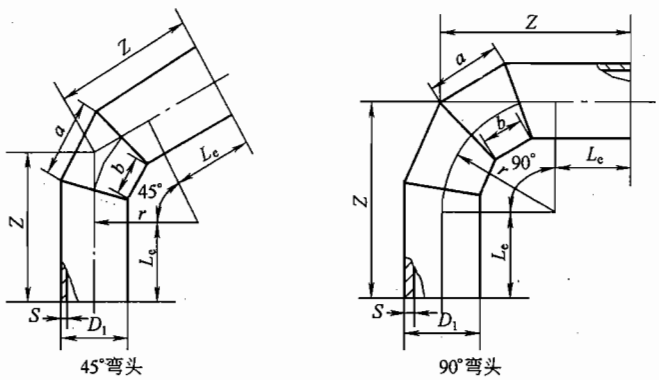


图 28-6

表 28-8 虾米腰焊接弯头尺寸 /mm

公称外径 D_1	直管长 L_e	弯曲半径 r	90°弯头			45°弯头			壁厚 S	
			Z(最小)	a	b	Z(最小)	a	b	0.6MPa	1.0MPa
110	150	165	315	118	59	218	88	44	6.6	10.5
125		188	338	134	67	228	100	50	7.5	11.9
140		210	360	150	75	237	112	56	8.3	13.3
160		240	390	172	86	249	128	64	9.5	15.2
180		270	420	193	97	262	143	72	10.7	17.2
200		300	450	214	107	274	159	80	11.9	19.0
225		338	488	242	121	290	179	90	13.4	21.4
250	250	375	625	268	134	412	199	99	14.9	23.8
280		420	670	300	150	424	223	112	16.6	26.7
315	300	473	773	338	169	498	251	126	18.7	30.0
355		533	833	381	191	520	283	141	21.1	33.8
400		600	900	429	214	548	318	159	23.8	38.1
450		675	975	482	241	580	358	179	26.7	
500	350	750	1100	536	268	665	406	2 203	297	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 法兰连接 90°、45°弯头，三通，异径管（见图 28-7、表 28-9）

(4) 螺纹连接弯头、三通、异径管（见图 28-8～图 28-11、表 28-10～表 28-13）

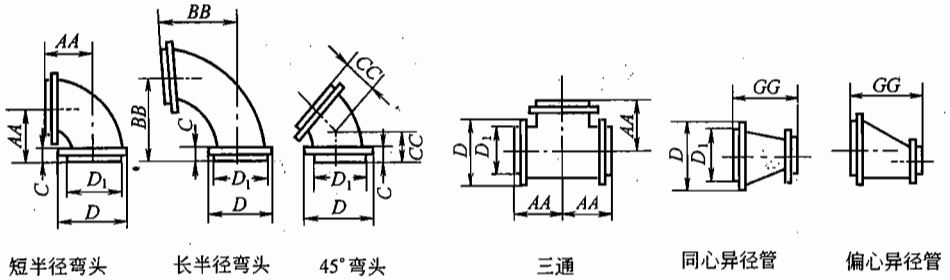


图 28-7

表 28-9　法兰式管件尺寸　/mm

管件外径 D_1	法兰外径 D	法兰厚度 C	壁厚 S		短半径弯头、三通的中心至端面 AA	长半径弯头的中心至端面 BB	45°弯头的中心至端面 CC	异径管的端面至端面 GG
			0.6MPa	1.0MPa				
75	185	22	4.5	7.2	132	183	81	149
90	200	24	5.4	8.6	145	202	81	161
110	220	24	6.6	10.5	165	229	102	178
125	220	24	7.5	11.9	165	229	102	178
140	250	26	8.3	13.3	192	262	116	207
160	285	28	9.5	15.2	206	295	130	234
180	285	28	10.7	17.2	206	295	130	234
200	340	34	11.9	19.0	234	361	145	289
225	340	34	13.4	21.4	234	361	145	289
250	395	38	14.9	23.8	287	427	173	320
280	395	38	16.6	26.7	287	427	173	320
315	445	42	18.7	30.0	315	493	200	376
355	505	46	21.1	33.8	367	557	201	428
400	565	50	23.8	38.1	394	623	216	483
450	615	50	26.7		429	683	226	503
500	670	52	29.7		466	746	250	526

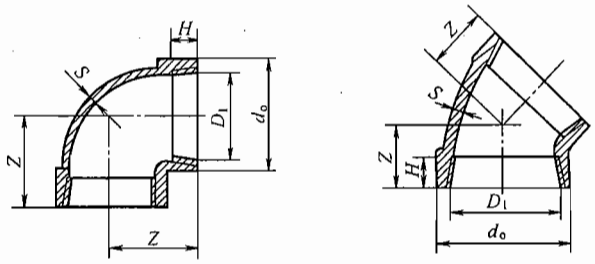
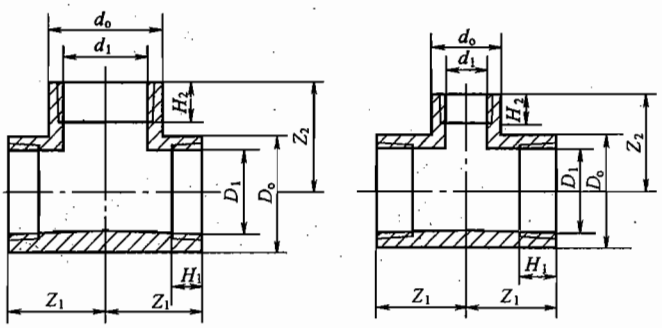


图 28-8

表 28-10　螺纹连接弯头尺寸　/mm

公称外径 D_1	端面外径 d_0		锥管螺纹 (ZG)/in	直管长 H	中心至端面 Z		壁厚 S(最小)	
	0.6MPa	1.0MPa			90°	45°	0.6MPa	1.0MPa
17	23	23	3/8	18	28	22	3.0	3.0
21	27	27	1/2	18	33	25	3.0	3.0
27	33	34	3/4	20	38	28	3.0	3.5
34	41	43	1	21	42	30	3.5	4.5
48	55	59	1½	25	56	37	3.5	5.5
60	67	72	2	26	61	41	3.5	6.0

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



等径三通　　异径三通

图 28-9

表 28-11　螺纹三通尺寸　　/mm

公称外径 $D_1\times d_1$	端面外径 $D_o\times d_o$		主　管		支　管		中心至端面	
	0.6MPa	1.0MPa	锥管螺纹 ZG_1/in	直管长 H_1	锥管螺纹 ZG_2/in	直管长 H_2	Z_1(最小)	Z_2(最小)
17×17	23×23	23×23	3/8	18	3/8	18	31	31
21×21	27×27	27×27	1/2	18	1/2	18	33	33
21×17	27×23	27×23	1/2	18	3/8	18	31	33
27×27	33×33	34×34	3/4	20	3/4	20	38	38
27×21	33×27	34×27	3/4	20	1/2	18	36	36
34×34	41×41	43×43	1	21	1	21	42	42
34×27	41×33	43×34	1	21	3/4	20	39	41
34×21	41×27	43×27	1	21	1/2	18	36	39
48×48	55×55	59×59	$1\frac{1}{2}$	25	$1\frac{1}{2}$	25	54	54
48×34	55×41	59×43	$1\frac{1}{2}$	25	1	21	46	50
48×27	55×33	59×34	$1\frac{1}{2}$	25	3/4	20	43	50
60×60	67×67	72×72	2	26	2	26	61	61
60×48	67×55	72×59	2	26	$1\frac{1}{2}$	25	55	60
60×34	67×41	72×43	2	26	1	21	47	56

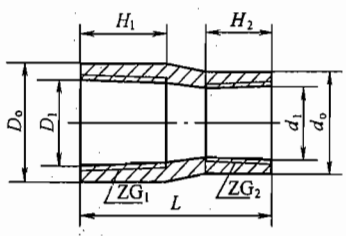


图 28-10　螺纹异径管

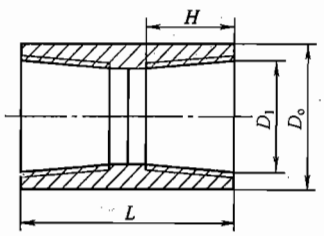


图 28-11　螺纹管接头

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-12　螺纹异径管尺寸　/mm

公称外径 $D_1\times d_1$	大端				小端				总长 L
	外径 D_o		锥管螺纹 ZG_1/in	直管长 H_1	外径 d_o		锥管螺纹 ZG_2/in	直管长 H_2	
	0.6MPa	1.0MPa			0.6MPa	1.0MPa			
27×21	33	34	3/4	20	27	27	1/2	20	55
34×21	41	43	1	25	27	27	1/2	20	60
34×27	41	43	1	25	33	34	3/4	20	60
48×27	55	59	$1\frac{1}{2}$	30	33	34	3/4	20	70
48×34	55	59	$1\frac{1}{2}$	30	41	43	1	25	70
60×34	67	72	2	30	41	43	1	25	80
60×48	67	72	2	30	55	59	$1\frac{1}{2}$	30	80

表 28-13　螺纹管接头尺寸　/mm

公称外径 D_1	端面外径 D_o		锥管螺纹 ZG/in	直管长 H	总长 L
	0.6MPa	1.0MPa			
17	23	23	3/8	18	46
21	27	27	1/2	19	48
27	33	34	3/4	21	52
34	41	43	1	23	58
48	55	59	$1\frac{1}{2}$	27	66
60	67	72	2	29	70

(5) 法兰

① 突面带颈对焊法兰和法兰接头（见图 28-12、图 28-13，表 28-14、表 28-15）。

② 松套法兰和法兰接头（见表 28-16～表 28-18、图 28-14～图 28-16）。

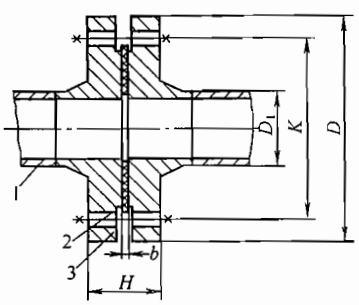


图 28-12

1—管子；2—垫片；3—法兰

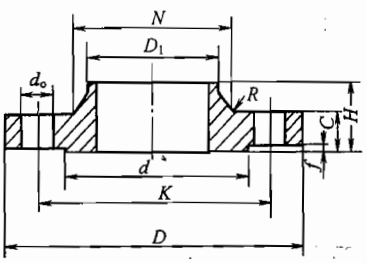


图 28-13

表 28-14　突面带颈对焊法兰接头尺寸　/mm

公称直径 DN	接管外径 D_1	法兰外径 D	螺栓孔中心圆直径 K	垫片厚度 b	H	双头螺柱		
						直径	长度	个数
65	75	185	145	3	47	M16	85	4
80	90	200	160	3	51	M16	90	8
100	110	220	180	3	51	M16	90	8
100	125	220	180	3	51	M16	90	8
125	140	250	210	3	55	M16	100	8
150	160	285	240	3	59	M20	110	8
150	180	285	240	3	59	M20	110	8
200	200	340	295	3	71	M20	120	8
200	225	340	295	3	71	M20	120	12
250	250	395	350	3	79	M20	130	12
250	280	395	350	3	79	M20	130	12
300	315	445	400	3	87	M20	140	12
350	355	505	460	3	95	M20	140	12
400	400	565	515	3	103	M24	160	16
450	450	615	565	3	103	M24	160	20
500	500	670	620	3	107	M24	170	20

注：公称压力 1.0MPa。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-15 突面带颈对焊法兰尺寸 /mm

公称直径 DN	接管外径 D_1	法兰外径 D	螺栓孔中心圆直径 K	螺栓孔直径 d_o	螺栓孔数 n	法兰厚度 C	法兰高度 H	密封面		法兰颈	
								d	f	N	R
65	75	185	145	18	4	22	80	122	3	104	6
80	90	200	160	18	8	24	80	138	3	118	6
100	110	220	180	18	8	24	80	158	3	140	6
100	125	220	180	18	8	24	80	158	3	140	6
125	140	250	210	18	8	26	80	188	3	168	6
150	160	285	240	22	8	28	80	212	3	195	8
150	180	285	240	22	8	28	80	212	3	195	8
200	200	340	295	22	8	34	100	268	3	246	8
200	225	340	295	22	8	34	100	268	3	246	8
250	250	395	350	22	12	38	100	320	3	298	10
250	280	395	350	22	12	38	100	320	4	298	10
300	315	445	400	22	12	42	100	370	4	350	10
350	355	505	460	22	16	46	120	430	4	400	10
400	400	565	515	26	16	50	120	482	4	456	10
450	450	615	565	26	20	50	120	530	4	502	12
500	500	670	620	26	20	52	120	585	4	559	12

注：材料为 FRPP。公称压力 1.0MPa。

表 28-16 松套法兰接头尺寸 /mm

公称直径 DN	接管外径 D_1	法兰外径 D	螺栓孔中心圆直径 K	垫片厚度 b	H	双头螺柱		
						直径	长度	个数
65	75	185	145	3	71	M16	120	4
80	90	200	160	3	73	M16	120	8
100	110	220	180	3	75	M16	120	8
100	125	220	180	3	89	M16	130	8
125	140	250	210	3	89	M16	130	8
150	160	285	240	3	89	M20	130	8
150	180	285	240	3	99	M20	140	8
200	200	340	295	3	107	M20	150	8
200	225	340	295	3	107	M20	150	8
250	250	395	350	3	117	M20	160	12
250	280	395	350	3	117	M20	160	12
300	315	445	400	3	125	M20	170	12
350	355	505	460	3	139	M20	180	16
400	400	565	515	3	159	M24	210	16
450	450	615	565	3	195	M24	250	20
500	500	670	620	3	199	M24	260	20

注：公称压力 1.0MPa。选用 GB 9121.2 法兰或 ANSI B16.5 150Lb 法兰。

表 28-17 松套法兰尺寸 /mm

公称直径 DN	接管外径 D_1	法兰外径 D	法兰内径 B	法兰厚度 C	螺栓孔中心圆直径 K	E	螺栓孔	
							孔径 d_o	数量 n
65	75	185	92	18	145	6	18	4
80	90	200	108	18	160	6	18	8
100	110	220	128	18	180	6	18	8
100	125	220	135	18	180	6	18	8
125	140	250	158	18	210	6	18	8
150	160	285	178	18	240	6	22	8
150	180	285	188	18	240	8	22	8
200	200	340	235	20	295	8	22	8
200	225	340	238	20	295	8	22	8
250	250	395	288	22	350	11	22	12
250	280	395	294	22	350	11	22	12
300	315	445	338	26	400	11	22	12
350	355	505	376	28	460	12	22	16
400	400	565	430	32	515	12	26	16
450	450	615	517	36	565	12	26	20
500	500	670	533	38	620	12	26	20

注：材料为 20 钢或 FRPP。公称压力 1.0MPa。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-18　松套法兰尺寸（连接尺寸 ANSI B16.5 150Lb）　/mm

公称直径 DN		接管外径 D_1	法兰外径 D	法兰内径 B	法兰厚度 C	螺栓孔中心圆直径 K	r	螺栓孔	
/mm	/in							孔径 d_0	数量 n
65	$2\frac{1}{2}$	75	178	92	18	139.5	8	20	4
80	3	90	190	108	18	152.5	10	20	4
100	4	110	230	128	18	190.5	11	20	8
100	4	125	230	135	18	190.5	11	20	8
125	5	140	255	158	18	216	11	22	8
150	6	160	280	178	18	241.5	13	22	8
150	6	180	280	188	18	241.5	13	22	8
200	8	200	345	235	20	298.5	13	22	8
200	8	225	345	238	20	298.5	13	22	8
250	10	250	405	288	22	362	13	26	12
250	10	280	405	294	22	362	13	26	12
300	12	315	485	338	26	432	13	26	12
350	14	355	535	376	28	476	13	30	12
400	16	400	600	430	32	540	13	30	16
450	18	450	635	517	36	578	13	33	16
500	20	500	700	533	38	635	13	33	20

注：材料为 20# 钢或 FRPP。公称压力 150Lb。

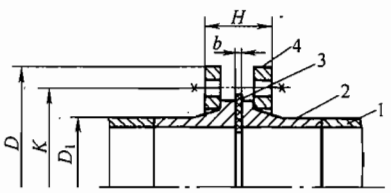


图 28-14

1—管子；2—管端突缘；
3—垫片；4—法兰

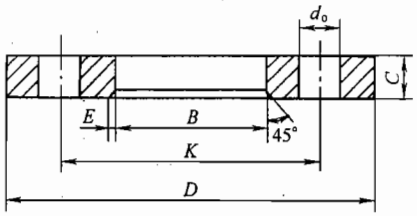


图 28-15

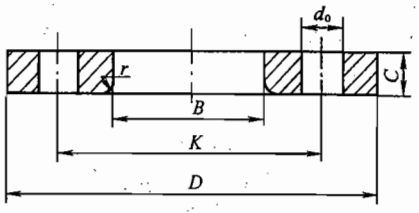
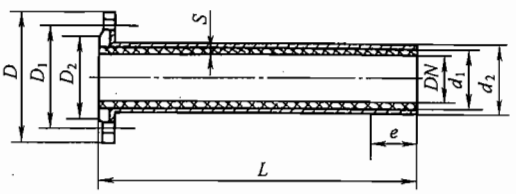


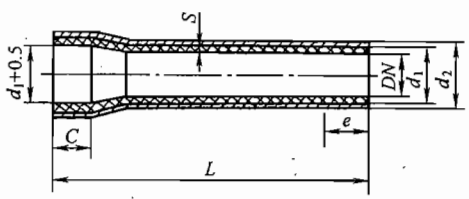
图 28-16

1.3　玻璃钢增强聚丙烯（FRP/PP）复合管（HG/T 21579—1995）

1.3.1　承插式直管、法兰式直管（见图 28-17、表 28-19）



法兰式直管



承插式直管

图 28-17

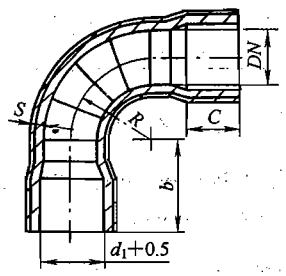
表 28-19　　/mm

公称直径 DN	PN /MPa	d_1	d_2	S	C	e	D_1	D	L
15	1.6	20	25	2	20	25	65	95	(4000～6000)±50
20		25	30	2	23	28	75	105	
25		32	37	2	25	30	85	115	
32		40	45	2	30	35	100	140	
40		50	55	2	40	45	110	150	
50		63	68	2	50	55	125	165	
65	1.0	75	80	2	50	55	145	185	
80		90	95	2	50	55	180	200	
100		110	115	2	56	61	180	220	
125		140	145	2	69	74	210	250	
150		160	165	2	89	88	240	285	
200	0.6	225	230	2	108	116	295	320	
250		280	286	3	131	141	350	375	
300		315	321	3	156	166	400	440	
350		355	362	3	186	201	515	490	
400		400	408	3	210	215	515	540	

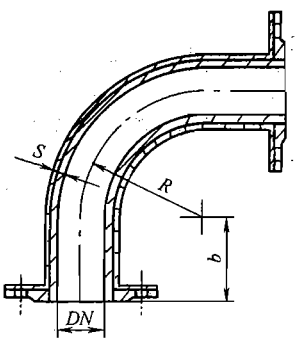
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.3.2 管件

(1) 90°双承口虾米弯头、法兰式成型弯头（见图 28-18、表 28-20）



90°双承口虾米弯头



法兰式成型弯头

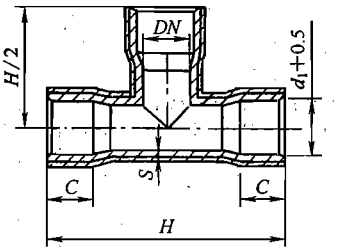
图 28-18

表 28-20 弯头尺寸 /mm

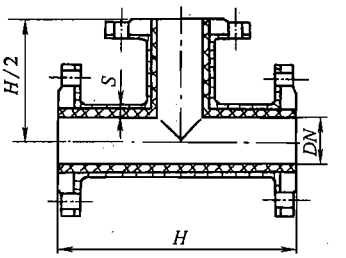
公称直径 DN	PN /MPa	d_1	C	成型 R	虾米 R	S
15	1.6	20	20	45		2
20		25	23	60		2
25		32	25	75		2
32		40	30	96		2
40		50	40	120		2
50		63	50	150	75	2
65	1.0	75	50	195	95	2
80		90	50	240	120	2
100		110	56	300	150	2
125		140	69	400	180	3
150		160	89	600	220	3
200	0.6	225	106		300	4
250		280	131		370	5
300		315	156		450	6
350		355	186		600	6
400		400	210		600	6

注：根据用户需要可制作 45°弯管及大口径管。

(2) 承口三通、法兰式三通（见图 28-19、表 28-21）



承口三通



法兰式三通

图 28-19

表 28-21 三通尺寸 /mm

公称直径 DN	PN/MPa	d_1	C	S	H
15	1.6	20	20	2	125
20		25	23	2	130
25		32	25	2	145
32		40	30	2	170
40		50	40	2	205
50		63	50	2	250
65	1.0	75	50	2	280
80		90	50	2	295
100		110	56	3	340
125		140	69	3	400
150		160	89	3	450
200	0.6	225	106	4	570
250		280	131	5	650
300		315	156	6	740
350		355	186	6	980
400		400	210	6	980

(3) 双承口束节（见图 28-20、表 28-22）

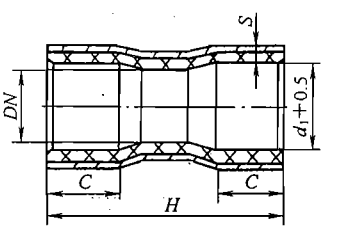


图 28-20

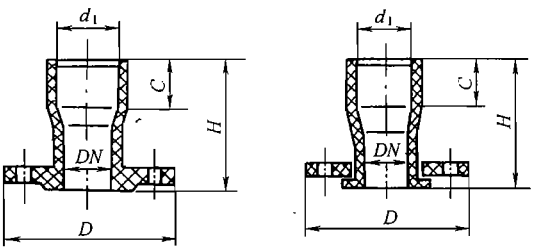
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-22　/mm

公称直径 DN	PN/MPa	d_1	C	H	S
15	1.6	30	20	90	2
20		25	23	100	2
25		32	25	110	2
32		40	30	120	2
40		50	40	150	2
50		63	50	170	2
65	1.0	75	50	180	2
80		90	50	190	2
100		110	56	200	2
125		140	69	245	2
150		160	89	290	2
200	0.6	225	106	340	2
250		280	131	380	3
300		315	156	410	3
350		355	186	430	4
400		400	210	430	4

注：根据用户需要可制作各种规格束节。

(4) 法兰（见图 28-21、表 28-23）



平焊法兰　　活套法兰

图 28-21

表 28-23　法兰尺寸　mm

公称直径 DN	d_1	D	C	H	FRP 法兰/管道厚度	PN/MPa
15	20	95	20	60	4/2	1.0
20	25	105	23	70	4/2	1.0
25	32	115	25	85	4/2	1.0
32	40	135	30	90	4/2	1.0
40	50	145	40	100	4/2	1.0
50 (55)	60 (65)	160	50	110	4/2	1.0
65	76	180	50	120	4/2	1.0
80	90	195	50	130	4/2	1.0
100	114	215	56	150	4/2	1.0
125	140	245	69	175	4/2	1.0
150	166	280	89	195	4/3	1.0
200	218	335	106	215	4/3	1.0
250	264	395	131	240	6/4	1.0
300	315	440	156	270	6/4	1.0
375	400	565	186	340	8/5	1.0
400	425	565	210	340	8/5	1.0

1.4　玻璃钢增强硬聚氯乙烯（FRP/PVC）复合管（HG/T 21636—1987）

1.4.1　直管（见图 28-22、表 28-24）

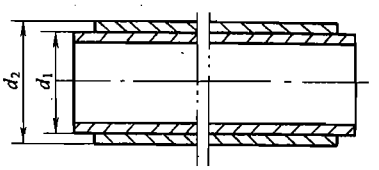


图 28-22

表 28-24　硬聚氯乙烯复合管尺寸　/mm

公称直径 DN	PN/MPa	d_1	d_2	允许偏差
25	1.6	32	37	+0.3 −0
32		40	45	
40		50	55	
50		63	68	
65	1.0	75	80	+0.4 −0
80		90	95	
100		110	115	
125		125	130	
150		160	165	
200	0.6	200	205	+0.5 −0
250		250	255	
300		300	305.5	
350	0.4	355	360	+0.7 −0
400		400	405.5	
500		500	506	
600		600	607	

1.4.2　复合平焊法兰（见图 28-23、表 28-25）

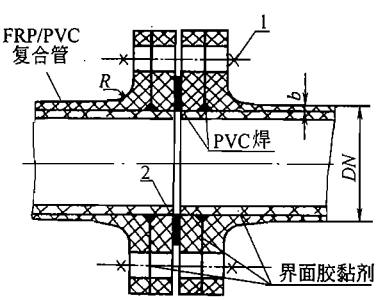


图 28-23

1—螺栓、螺母；2—垫片

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-25 复合平焊法兰尺寸 /mm

公称直径 DN	PN/MPa	FRP 厚度 b	R
25 32 40 50	1.6	8	10
65 80	1.0	10	15
100 125 150		12	
200 250 300	0.6	14	20

1.5 塑料衬里复合管（HG/T 2437—2006）

1.5.1 直管（见图 28-24、表 28-26）

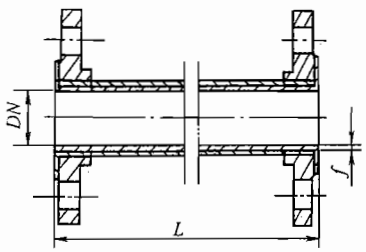


图 28-24

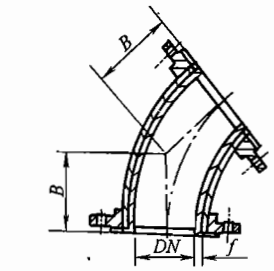
表 28-26 螺纹法兰连接直管尺寸 /mm

公称尺寸 DN	衬层厚度 f		钢管规格	法兰标准	长度 L
	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC			
25	2.5	3	ϕ35×3.5	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1	3000
32			ϕ38×3		
40			ϕ48×4		
50	3		ϕ57×3.5		
65		4	ϕ76×4		
80	3.5		ϕ89×4		
100	4		ϕ108×4		
125		5	ϕ133×4		
150			ϕ159×4.5		
200			ϕ219×6		
250	4.5		ϕ273×8		
300		6	ϕ325×9		
350			ϕ377×9		
400	5		ϕ426×9		
450			ϕ480×9		
500			ϕ530×10		
600			ϕ618×10		
700			ϕ718×11		
800			ϕ818×11		
900			ϕ918×12		
1000			ϕ1018×12		

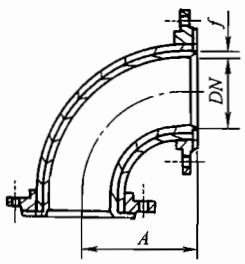
1.5.2 管件

(1) 90°、45°法兰式弯头（见图 28-25、表 28-27）

(2) 法兰式异径管和法兰三通（见图 28-26、表 28-28）

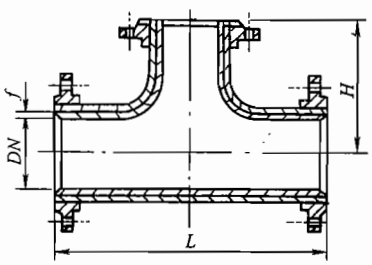


45° 弯头

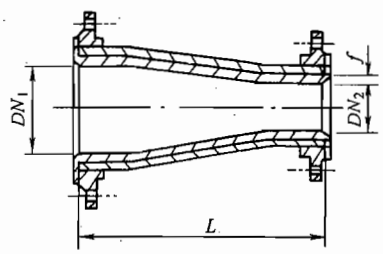


90° 弯头

图 28-25



法兰三通



法兰式异径管

图 28-26

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-27　90°、45°法兰式弯头尺寸　/mm

公称尺寸 DN	衬层厚度 f		弯头结构参数		管件最小壁厚	法兰标准
	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC	90°弯头 A	45°弯头 B		
25	2.5	3	89	44	3.0	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1
32			95	51	4.8	
40			102	57		
50	3		114	64	5.6	
65		4	127	76		
80	3.5		140			
100	4		165	102	6.3	
125		5	190	114	7.1	
150			203	127		
200			229	140	7.9	
250		6	279	165	8.6	
300			305	190	9.5	
350	5		356	221	10	
400			406	253	11	
450			457	284	13	
500			508	316	14	
600			610	374	16	
700			710	430	18	
800			810	488	20	
900			910	548	20	
1000			1010	608	22	

表 28-28a　法兰三通尺寸　/mm

公称尺寸 DN	衬层厚度 f		三通结构参数		管件最小壁厚	法兰标准
	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC	横长 L	垂直高 H		
25	3	3	200	100	4	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1
32						
40						
50						
65		4	300	150	5	
80						
100						
125	4	5	400	200		
150						
200						
250		6	500	250	6	
300			600	300		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称尺寸 DN	衬层厚度 f		三通结构参数		管件最小壁厚	法兰标准
	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC	横长 L	垂直高 H		
350	5	6	700	350	8	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1
400			800	400		
450			900	450	10	
500			1000	500		
600			1200	600	12	
700			1400	700		
800			1600	800	14	
900			1800	900		
1000			2000	1000		

表 28-28b 异径管尺寸 /mm

公称尺寸 DN		衬层厚度 f		长度 L	管件最小壁厚	法兰标准
DN_1	DN_2	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC			
40	25	3	3	150	3	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1
50	25					
50	40					
65	40					
65	50					
80	50					
80	65					
100	50		5			
100	65					
100	80	4			4	
125	65					
125	80					
125	100					
150	80					
150	100					
150	125		6			
200	100					
200	150					
250	150					
250	200					
300	200					
300	250					
350	300	5		250	8	
400	300				10	
400	350					
450	350					
450	400					
500	400					
500	450					

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称尺寸 DN		衬层厚度 f		长度 L	管件最小壁厚	法兰标准
DN_1	DN_2	PTFE、FEP、PFA	PP-R、PE-D、PVC			
600	450	5	6	300	12	GB/T 9113.1或GB/T 9120.1
600	500					
700	500					
700	600					
800	600					
800	700				15	
900	700					
900	800					
1000	800					
1000	900					

1.6　钢衬聚四氟乙烯（CS/PTFE）推压管（HG/T 21562—1994）

1.6.1　法兰式直管（见图 28-27、表 28-29）

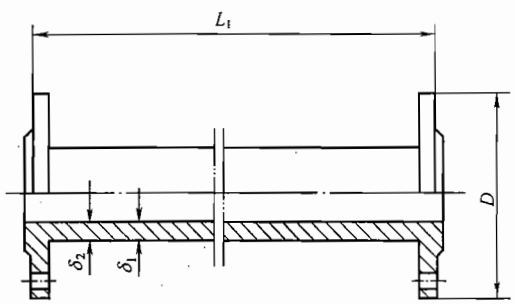


图 28-27

表 28-29　法兰式直管尺寸　/mm

公称直径 DN	L_1	D	δ_1	δ_2
25	100～6000	115	3	2
32	100～6000	135	3	2
40	100～6000	145	3.5	2.5
50	100～6000	160	3.5	2.5
65	100～6000	180	4	3
80	100～6000	195	4	3
100	100～6000	215	4	3.5
125	100～6000	245	4	3.5
150	100～6000	280	4.5	4
(200)	100～6000	335	6	4.5
(250)	100～6000	405	6	5
(300)	100～6000	460	7	6

注：带括号者因承压能力小，不推荐使用。

1.6.2　管件

(1) 90°、45°法兰式弯头（见图 28-28、表28-30）

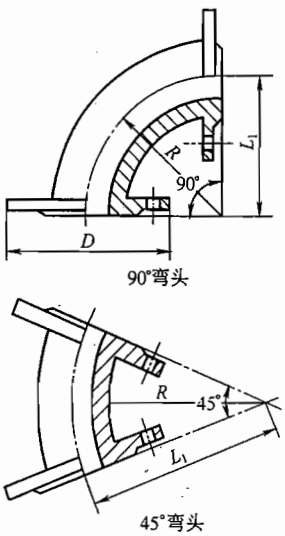


图 28-28

表 28-30　90°、45°法兰式弯头尺寸/mm

公称直径 DN	45°弯头		90°弯头		D
	L_1	R	L_1	R	
25	95	95	95	95	115
32	105	105	105	105	135
40	120	120	120	120	145
50	150	150	150	150	160
65	210	210	210	210	180
80	255	255	255	255	195
100	310	310	310	310	215
125	375	375	375	375	245
150	450	450	450	450	280
200	490	490	490	490	335
250	550	550	535	535	405
300	620	620	600	600	460

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 法兰式三通（见图 28-29、表 28-31）

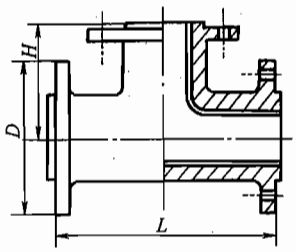


图 28-29

表 28-31 法兰式三通尺寸 /mm

公称直径 DN	L	H	D
25	180	90	115
32	200	100	135
40	220	110	145
50	230	115	160
65	250	125	180
80	290	145	195
100	310	155	215
125	370	185	245
150	390	195	280
200	430	215	335
250	460	230	405
300	530	265	460

(3) 法兰式四通（见图 28-30、表 28-32）

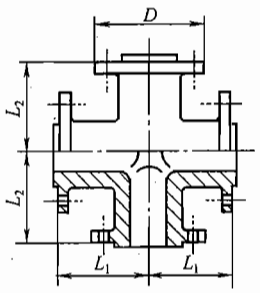


图 28-30

表 28-32 法兰式四通尺寸 /mm

公称直径 DN	L_1	L_2	D
25	90	90	115
32	100	100	135
40	110	110	145
50	120	120	160
65	130	130	180
80	150	150	195
100	160	160	215
125	185	185	245
150	195	195	280
200	215	215	335
250	230	230	405
300	265	265	460

(4) 法兰式异径管（见图 28-31、表 28-33）

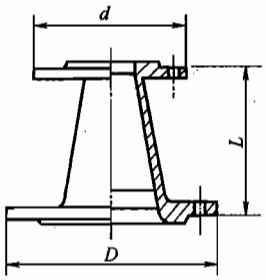


图 28-31

表 28-33 法兰式异径管尺寸 /mm

公称直径 DN/dN	L	D	d
40/25	80	145	115
50/25	90	160	115
50/32	100	160	135
50/40	110	160	145
65/50	130	180	160
80/50	150	195	180
80/65	150	195	180
100/65	170	215	180
100/80	170	215	195
125/80	200	245	195
125/100	200	245	215
150/100	225	280	215
200/150	250	335	280
250/150	280	405	280
250/200	310	405	335
300/250	310	460	405

1.7 钢滚衬聚乙烯管

1.7.1 法兰式直管（见图 28-32、表 28-34）

滚衬法制作的内衬聚乙烯管（CS/RUDPE），其聚乙烯粉末层厚度为 2～6mm，可视设计要求而定。高性能聚乙烯指线性低密度聚乙烯（LDPE）或高密度聚乙烯（HDPE）。其特点是耐腐蚀、耐磨损、耐真空。

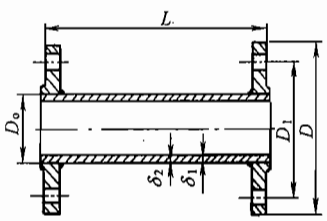


图 28-32

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-34　法兰式直管尺寸　/mm

公称直径 DN	D_o	L	δ_1	δ_2	D_1	D
50	57	2000～3000	3.5	3	125	160
80	89	2000～3000	4	3	160	195
100	108	2000～4000	4	3	180	215
150	159	2000～4000	4.5	4	240	280
200	219	2000～4000	6	4	295	335
250	273	2000～4000	8	4	350	390
300	325	2000～4000	8	4	400	440
350	377	2000～4000	9	5	460	500
400	426	2000～4000	10	5	515	565
450	478	2000～6000	10	5	565	615
500	530	2000～6000	12	5	620	670
600	630	2000～6000	12	5	725	780

1.7.2　管件

(1) 45°、90°法兰式弯头（见图 28-33、表 28-35）

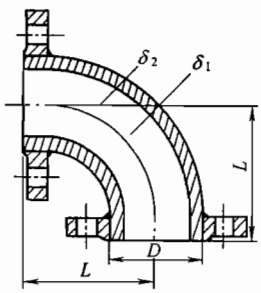


图 28-33

表 28-35　45°、90°法兰式弯头尺寸　/mm

公称直径 DN	D	L		δ_1	δ_2
		45°	90°		
50	57	32	126	3.5	3
80	89	47	137	4	3
100	108	63	158	4	3
150	159	95	208	4.5	4
200	219	126	242	6	4
250	273	158	286	8.0	4
300	325	189	330	8	4
350	377	221	356	9	5
400	426	253	406	10	5
450	478	284	457	10	5
500	530	316	508	12	5
600	630	387	561	12	5

表 28-36　法兰式三通、四通尺寸　/mm

公称直径 DN	L	δ_1	L_1
50	200	3	100
80	260	3	130
100	320	3	160
150	460	4	230
200	610	4	305
250	760	4	380
300	910	4	455
350	1060	5	530
400	1200	5	600
450	1400	5	700
500	1600	5	800
600	1800	5	900

(2) 法兰式三通、四通（见图 28-34、表 28-36）

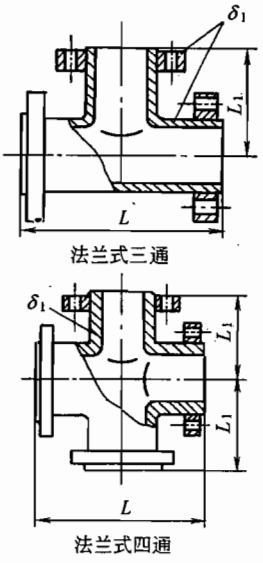


图 28-34

(3) 法兰式异径管（见图 28-35、表 28-37）

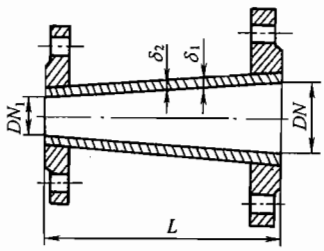


图 28-35

表 28-37　法兰式异径管尺寸　/mm

公称直径 $DN\times DN_1$	L	δ_1	δ_2	公称直径 $DN\times DN_1$	L	δ_1	δ_2
80/50	150	4	3	350/200	250	9	5
100/50	150	4	3	350/250			
100/80				350/300			
150/80	180	4.5	4	400/250	250	10	5
150/100				400/300			
200/100	250	6	4	400/350			
200/150				500/300	300	12	5
250/150	250	8	4	500/350			
250/200				500/400			
300/150	250	8	4	600/400	400	12	5
300/200				600/450			
300/250				600/500			

1.8　化工用硬聚氯乙烯管材（GB/T 4219）

化工用硬聚氯乙烯直管材（PVC-U）的规格尺寸见表 28-38，物理化学性能见表 28-39。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-38 硬聚氯乙烯管材规格尺寸及其偏差 /mm

公称外径 d_e	平均外径极限偏差	任何部位外径极限偏差	公称压力/MPa				
			PN0.4	PN0.6	PN0.8	PN1.0	PN1.6
			管系列				
			S-16.0	S-10.5	S-8.0	S-6.3	S-4.0
			壁厚 e				
			公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差
20	$^{+0.3}_{0}$	0.5	—	—	—	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.3 $^{+0.5}_{0}$
25	$^{+0.3}_{0}$	0.5	—	—	—	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.8 $^{+0.5}_{0}$
32	$^{+0.3}_{0}$	0.5	—	—	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.4 $^{+0.5}_{0}$	3.6 $^{+0.6}_{0}$
40	$^{+0.3}_{0}$	0.5	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.4 $^{+0.5}_{0}$	3.0 $^{+0.5}_{0}$	4.5 $^{+0.7}_{0}$
50	$^{+0.3}_{0}$	0.6	2.0 $^{+0.4}_{0}$	2.4 $^{+0.5}_{0}$	3.0 $^{+0.5}_{0}$	3.7 $^{+0.5}_{0}$	5.6 $^{+0.8}_{0}$
63	$^{+0.3}_{0}$	0.8	2.0 $^{+0.4}_{0}$	3.0 $^{+0.5}_{0}$	3.8 $^{+0.6}_{0}$	4.7 $^{+0.7}_{0}$	7.1 $^{+1.0}_{0}$
75	$^{+0.3}_{0}$	0.9	2.3 $^{+0.5}_{0}$	3.6 $^{+0.6}_{0}$	4.5 $^{+0.7}_{0}$	5.5 $^{+0.8}_{0}$	8.4 $^{+1.1}_{0}$
90	$^{+0.3}_{0}$	1.1	2.8 $^{+0.5}_{0}$	4.3 $^{+0.7}_{0}$	5.4 $^{+0.8}_{0}$	6.6 $^{+0.9}_{0}$	10.1 $^{+1.3}_{0}$
110	$^{+0.4}_{0}$	1.4	3.4 $^{+0.6}_{0}$	5.3 $^{+0.8}_{0}$	6.6 $^{+0.9}_{0}$	8.1 $^{+1.1}_{0}$	12.3 $^{+1.5}_{0}$
125	$^{+0.4}_{0}$	1.5	3.9 $^{+0.6}_{0}$	6.0 $^{+0.8}_{0}$	7.4 $^{+1.0}_{0}$	9.2 $^{+1.2}_{0}$	14.0 $^{+1.6}_{0}$
140	$^{+0.5}_{0}$	1.7	4.3 $^{+0.7}_{0}$	6.7 $^{+0.9}_{0}$	8.3 $^{+1.1}_{0}$	10.3 $^{+1.3}_{0}$	15.7 $^{+1.8}_{0}$
160	$^{+0.5}_{0}$	2.0	4.9 $^{+0.7}_{0}$	7.7 $^{+1.0}_{0}$	9.5 $^{+1.2}_{0}$	11.8 $^{+1.4}_{0}$	17.9 $^{+2.0}_{0}$
180	$^{+0.6}_{0}$	2.2	5.5 $^{+0.8}_{0}$	8.6 $^{+1.1}_{0}$	10.7 $^{+1.3}_{0}$	13.3 $^{+1.6}_{0}$	20.1 $^{+2.3}_{0}$
200	$^{+0.6}_{0}$	2.4	6.2 $^{+0.9}_{0}$	9.6 $^{+1.2}_{0}$	11.9 $^{+1.4}_{0}$	14.7 $^{+1.7}_{0}$	22.4 $^{+2.5}_{0}$
225	$^{+0.7}_{0}$	2.7	6.9 $^{+0.9}_{0}$	10.8 $^{+1.3}_{0}$	13.4 $^{+1.6}_{0}$	16.6 $^{+1.9}_{0}$	25.1 $^{+2.8}_{0}$
250	$^{+0.8}_{0}$	3.0	7.7 $^{+1.0}_{0}$	11.9 $^{+1.4}_{0}$	14.8 $^{+1.7}_{0}$	18.4 $^{+2.1}_{0}$	27.9 $^{+3.0}_{0}$
280	$^{+0.9}_{0}$	3.4	8.6 $^{+1.1}_{0}$	13.4 $^{+1.6}_{0}$	16.6 $^{+1.9}_{0}$	20.6 $^{+2.3}_{0}$	—
315	$^{+1.0}_{0}$	3.8	9.7 $^{+1.2}_{0}$	15.0 $^{+1.7}_{0}$	18.7 $^{+2.1}_{0}$	23.2 $^{+2.6}_{0}$	—
355	$^{+1.1}_{0}$	4.3	10.9 $^{+1.3}_{0}$	16.9 $^{+1.9}_{0}$	21.1 $^{+2.4}_{0}$	26.1 $^{+2.9}_{0}$	—
400	$^{+1.2}_{0}$	4.8	12.3 $^{+1.5}_{0}$	19.1 $^{+2.2}_{0}$	23.7 $^{+2.6}_{0}$	29.4 $^{+3.2}_{0}$	—
450	$^{+1.4}_{0}$	5.4	13.8 $^{+1.6}_{0}$	21.5 $^{+2.4}_{0}$	26.7 $^{+2.9}_{0}$	—	—
500	$^{+1.5}_{0}$	6.0	15.3 $^{+1.8}_{0}$	23.9 $^{+2.6}_{0}$	29.6 $^{+3.2}_{0}$	—	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称外径 d_e	平均外径极限偏差	任何部位外径极限偏差	公称压力/MPa				
			PN0.4	PN0.6	PN0.8	PN1.0	PN1.6
			管系列				
			S-16.0	S-10.5	S-8.0	S-6.3	S-4.0
			壁厚 e				
			公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差	公称值 极限偏差
560	$^{+1.7}_{0}$	6.8	17.2 $^{+2.0}_{0}$	26.7 $^{+2.9}_{0}$	—	—	—
630	$^{+1.9}_{0}$	7.6	19.3 $^{+2.2}_{0}$	30.0 $^{+3.2}_{0}$	—	—	—
710	$^{+2.2}_{0}$	8.6	21.8 $^{+2.4}_{0}$	—	—	—	—

注：1. 壁厚是以 20℃环（诱导）应力 σ_s 为 6.3MPa 确定，管系列（S）由 σ_s/p 得出。

2. 长度为 4m 或 6m，颜色一般为灰色。

3. 管材同一截面的壁厚偏差率不得超过 14%。

4. 管材外径 40～200mm 弯曲度≤1.0%；管材外径≥225mm 弯曲度≤0.5%。

表 28-39　UPVC 管的物理化学性能

项　目	指　标
密度/(g/cm³)	≤1.55
腐蚀度(盐酸、硝酸、硫酸、氢氧化钠)/(g/m)	≤1.50
维卡软化温度/℃	≥80
液压试验	不破裂、不渗漏
纵向回缩率/%	≤5
丙酮浸泡	无脱层、无碎裂
扁平	无裂纹、无破裂
拉伸屈服应力/MPa	≥45

1.9　高密度聚乙烯管

1.9.1　高密度聚乙烯直管

高密度聚乙烯直管（见图 28-36）应符合 ISO 4427—1996 标准。

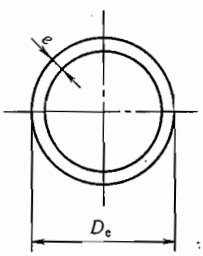


图 28-36

(1) 特点

具有优异的慢速裂纹增长抵抗能力，长期强度高（MRS 为 10MPa）；卓越的快速裂纹扩展抵抗能力；较好地改善刮痕敏感度；和较高的刚度等。可广泛应用于各种领域，特别是作为大口径、高压力或寒冷地区使用的输气管和给水管，以及作为穿插更新管道等，具有独特的性能。

(2) 规格尺寸（见表 28-40）

表 28-40　高密度聚乙烯直管尺寸

公称外径 D_e/mm	标准尺寸比					
	SDR17		SDR13.6		SDR11	
	公称压力等级					
	1.00MPa		1.25MPa		1.60MPa	
	壁厚 e/mm	单重 /kg·m^{-1}	壁厚 e/mm	单重 /kg·m^{-1}	壁厚 e/mm	单重 /kg·m^{-1}
32					3.0	0.282
40					3.7	0.434
50					4.6	0.672
63			4.7	0.890	5.8	1.07
75	4.5	1.03	5.6	1.26	6.8	1.50
90	5.4	1.48	6.7	1.81	8.2	2.17
110	6.6	2.20	8.1	2.67	10.0	3.22
125	7.4	2.82	9.2	3.43	11.4	4.18
140	8.3	3.53	10.3	4.31	12.7	5.22
160	9.5	4.63	11.8	5.64	14.6	6.83
180	10.7	5.86	13.3	7.14	16.4	8.79
200	11.9	7.22	14.7	8.80	18.2	10.85
225	13.4	9.17	16.6	11.37	20.5	13.73
250	14.8	11.25	18.4	13.99	22.7	16.92
315	18.7	18.23	23.2	22.25	28.6	26.88
355	21.1	23.19	26.1	28.22	32.2	34.10
400	23.7	29.35	29.4	35.79	36.3	43.30
450	26.7	37.20	33.1	45.37	40.9	54.87
500	29.7	45.98	36.8	56.02	45.4	67.69
560	33.2	57.57	41.2	70.26	50.8	84.78
630	37.4	72.93	46.2	88.67	57.2	108.0

注：1. 平均密度为 0.955g/cm³。

2. 管件连接采用热熔焊接或电热熔焊接。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 性能参数（见表 28-41）

表 28-41

项目		指标
断裂伸长率/%		≥350
纵向回缩率/%		≤3
液压试验	温度 20℃ 时间 1h 环向应力 11.8MPa	不破裂 不渗漏
	温度 80℃ 时间 170h(60h) 环向应力 3.9MPa(4.9MPa)	不破裂 不渗漏

1.9.2 高密度聚乙烯管件

(1) 热熔管件（见表 28-42、表 28-43）

表 28-42 注塑管件尺寸 /mm

管件名称	公称直径 DN
凸缘	32、40、50、63、75、90、110、125、140、160、180、200、225、250、315
异径管	25/20、32/25、40/32、50/25、50/32、50/40、63/32、63/40、63/50、75/63、90/50、90/63、90/75、110/50、110/63、110/90、125/63、125/90、125/110、140/125、160/90、160/110、160/125、160/140、180/160、200/160、200/180、225/160、225/200、250/160、250/200、250/225、315/220、315/250
等径三通	25、32、40、50、63、75、90、110、125、160
异径三通	110/63、110/32
90°弯头	32、40、50、63、75、90、110、125、160
管帽	63、110、160、200、250

表 28-43 焊制管件尺寸 /mm

管件名称	公称直径 DN
90°弯头	90、110、125、140、160、180、200、225、250、315、355、400、450、500、560、630
45°弯头	
22.5°弯头	
三通	
四通	90、110、125、140、160、180、200、225、250、315

(2) 高密度聚乙烯内埋丝专用电热熔管件

内埋的隐蔽螺旋电热丝能抗氧化及受潮锈蚀，保证焊接性能稳定，插入深度大，焊接带宽，两端和中间有足够阻挡熔化材料流动的冷却带，使其在无固定装置时亦可焊接操作。

① 内埋丝电热熔套管（见图 28-37、表 28-44）高密度聚乙烯内埋丝专用电热熔管件适用于燃气管。

② 内埋丝电热熔 90°弯头（见图 28-38、表 28-45）

③ 内埋丝电热熔异径管（见图 28-39、表 28-46）

④ 内埋丝电热熔同径三通(见图 28-40、表 28-47)

⑤ 内埋丝电热熔旁通鞍型管座(见图 28-41、表 28-48)。

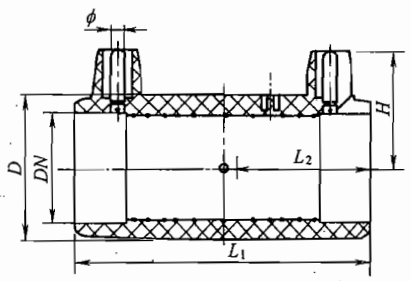


图 28-37

表 28-44 内埋丝电热熔套管尺寸 /mm

公称直径 DN	插入深度 L_2	最大外径 D	管件总长 L_1	电极距中心高 H	电极直径 ϕ
20	40	33	89	31.5	4
25	40	38	89	33.5	4
32	45	44	93	36.5	4
40	50	54	105	41.5	4
50	52	68	109	48.5	4
63	54	84	112	56.5	4
75	61	100	126	64.5	4
90	73	117	154	73.5	4
110	83	142	172	85.5	4
125	89	162	182	95.5	4
160	112	208	230	118.5	4
200	137	250	280	140.5	4
250	137	312	290	170.5	4

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

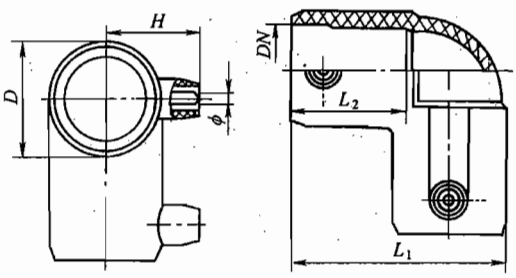


图 28-38

表 28-45　内埋丝电热熔 90°弯头尺寸　/mm

公称直径 DN	插入深度 L_2	最大外径 D	管件总长 L_1	电极距中心高 H	电极直径 ϕ
20	40	33	76.5	31.5	4
25	42	38	79	33.5	4
32	45	44	84	36.5	4
40	50	54	105	41.5	4
50	52	68	120	48.5	4
63	54	84	140	56.5	4
75	61	100	160	64.5	4
90	73	117	193	73.5	4
110	83	142	236	85.5	4

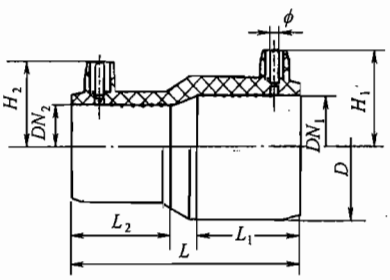


图 28-39

表 28-46　内埋丝电热熔异径管尺寸　/mm

公称直径 $DN_1 \times DN_2$	插入深度		最大外径 D	管件总长 L	电极距中心高		电极直径 ϕ
	L_1	L_2			H_1	H_2	
25×20	42	40	38	90	33.5	31.5	4
32×25	45	40	44	95	36.5	33.5	4
40×32	50	45	54	110	41.5	36.5	4
50×40	50	45	68	110	48.5	41.5	4
63×32	60	45	84	130	56.5	36.5	4
63×40	60	45	84	130	56.5	41.5	4
63×50	60	50	84	130	56.5	48.5	4
75×63	70	50	100	150	64.5	56.5	4
90×63	70	50	117	155	73.5	56.5	4
90×75	70	60	117	155	73.5	64.5	4
110×63	100	50	142	210	85.5	56.5	4
110×75	100	60	142	210	85.5	64.5	4
110×90	100	70	142	210	85.5	73.5	4
125×110	100	90	162	220	95.5	85.5	4
160×125	112	85	208	230	118.5	95.5	4

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

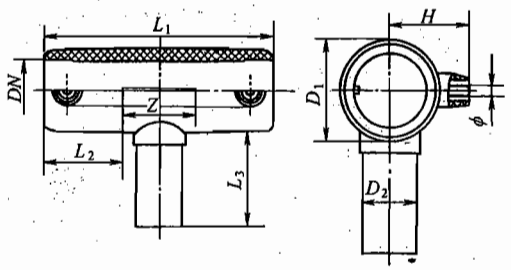


图 28-40

表 28-47 内埋丝电热熔同径三通尺寸 /mm

公称直径 DN	插入深度 L_2	最大外径 D_1	管件总长 L_1	分支长度 L_3	分支外径 D_2	电极距中心高 H	电极直径 ϕ	中心挡距 Z
20	40	33	100	45	20	31.5	4	18
25	40	38	105	46	25	33.5	4	21
32	45	44	125	49	32	36.5	4	27
40	50	54	145	50	40	41.5	4	35
50	52	68	149	60	50	48.5	4	44
63	54	84	176	60	63	56.5	4	53
75	61	100	189	64	75	64.5	4	65
90	73	117	245	81	90	73.5	4	78
110	83	142	258	95	110	85.5	4	94

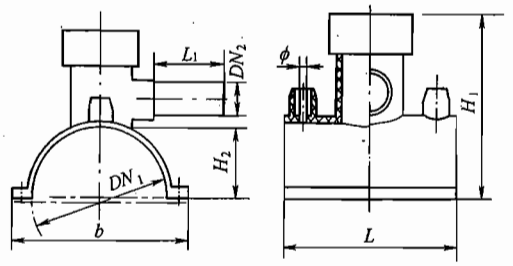


图 28-41

表 28-48 内埋丝电热熔旁通鞍型管座尺寸 /mm

公称直径 $DN_1 \times DN_2$	管件长度 L	管件高度 H_1	管件宽度 b	骑入深度 H_2	分支长度 L_1	电极直径 ϕ
63×32	111	130	80	30	50	4
90×63	182	175	145	145	80	4
110×63	182	187	170	170	115	4
110×40	182	187	170	170	90	4
160×63	190	209	220	220	115	4

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑥ 内埋丝电热熔异径三通（见图 28-42、表 28-49）

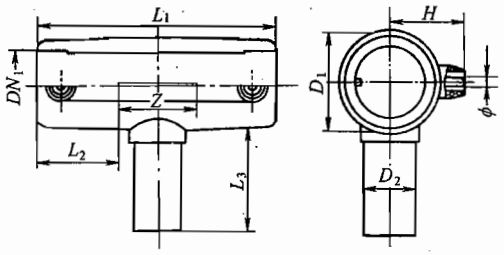


图 28-42

表 28-49　内埋丝电热熔异径三通尺寸　/mm

公称直径 $DN_1 \times DN_2 \times DN_1$	分支外径 D_2	插入深度 L_2	最大外径 D_1	管件总长 L_1	分支长度 L_3	电极距中心高 H	电极直径 ϕ	中心挡距 Z
25×20×25	20	40	38	105	46	33.5	4	21
32×20×25	20	45	44	125	49	36.5	4	27
32×25×32	25	45	44	125	49	36.5	4	27
40×20×40	20	50	54	145	50	41.5	4	35
40×25×40	25	50	54	145	50	41.5	4	35
40×32×40	32	50	54	145	50	41.5	4	35
50×25×50	25	52	68	149	60	48.5	4	44
50×32×50	32	52	68	149	60	48.5	4	44
50×40×50	40	52	68	149	60	48.5	4	44
63×32×63	32	54	84	176	60	56.5	4	53
63×40×63	40	54	84	176	60	56.5	4	53
63×50×63	50	54	84	176	60	56.5	4	53
75×32×75	32	61	100	187	64	64.5	4	65
75×40×75	40	61	100	187	64	64.5	4	53
75×50×75	50	61	100	187	64	64.5	4	53
75×63×75	63	61	100	187	64	64.5	4	53
90×32×90	32	73	117	244	81	73	4	56
90×40×90	40	73	117	244	81	73	4	56
90×50×90	50	73	117	244	81	73	4	56
90×63×90	63	73	117	244	81	73	4	56
90×75×90	75	73	117	244	81	73	4	73
110×32×110	32	83	142	244	84	85.5	4	56
110×40×110	40	83	142	244	84	85.5	4	56
110×50×110	50	83	142	244	84	85.5	4	56
110×63×110	63	83	142	244	84	85.5	4	56
110×75×110	75	83	142	244	84	85.5	4	78
110×90×110	90	83	142	244	84	85.5	4	78

⑦ 内埋丝电热熔修补用鞍型管座（见图 28-43、表 28-50）

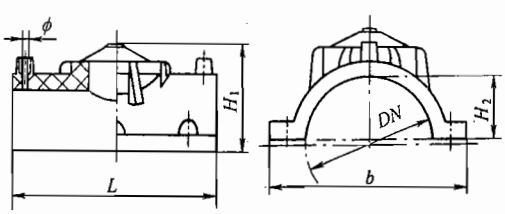


图 28-43

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-50 内埋丝电热熔修补用鞍型管座尺寸 /mm

公称直径 DN	管件长度 L	管件宽度 b	骑人深度 H_2	管件高度 H_1	电极直径 ϕ
90	182	145	39	61	4
110	182	170	51	83	4
125	190	189	56	87	4
160	200	220	73	100	4
200	246	272	92	123	4
250	246	340	105	135	4

⑧ 内埋丝电热熔直通鞍型管座（见图 28-44、表 28-51）

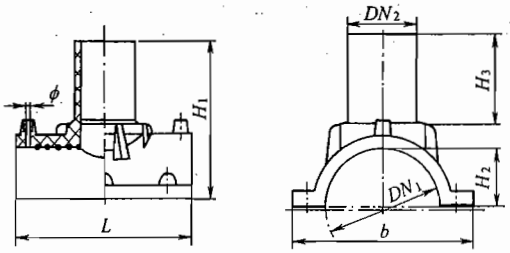


图 28-44

表 28-51 内埋丝电热熔直通鞍型管座尺寸 /mm

公称直径 $DN_1 \times DN_2$	管件长度 L	管件高度 H_1	管件宽度 b	骑人深度 H_2	分支长度 H_3	电极直径 ϕ
90×63	170	143.5	147	39	83	4
110×63	182	159	170	51	83	4
125×63	182	170	189	56	83	4
160×63	200	183	220	73	83	4
200×63	246	211	272	92	88	4
200×90	246	211	272	92	88	4
250×63	246	225	340	105	90	4
250×90	246	225	340	105	90	4

⑨ 热熔注塑三通（见图 28-45、表 28-52）

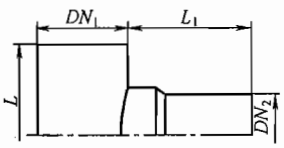


图 28-45

表 28-52 热熔注塑三通尺寸 /mm

公称直径 $DN_1 \times DN_2 \times DN_1$	管件总长 L	支管长度 L_1	公称直径 $DN_1 \times DN_2 \times DN_1$	管件总长 L	支管长度 L_1
110×110×110	320	160	125×75×125	336	168
110×90×110	320	160	125×63×125	336	168
110×75×110	320	160	125×50×125	336	168

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 $DN_1\times DN_2\times DN_1$	管件总长 L	支管长度 L_1	公称直径 $DN_1\times DN_2\times DN_1$	管件总长 L	支管长度 L_1
110×63×110	320	160	160×160×160	420	210
110×50×110	320	160	160×125×160	420	210
110×40×110	320	160	160×110×160	420	210
125×125×125	336	168	160×90×160	420	210
125×110×125	336	168	160×75×160	420	210
125×90×125	336	168	160×63×160	420	210

⑩ 热熔注塑异径管（见图 28-46、表 28-53）

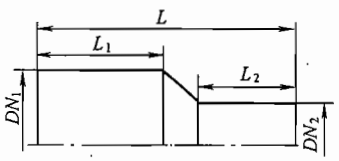


图 28-46

表 28-53　热熔注塑异径管尺寸　/mm

公称直径 $DN_1\times DN_2$	管件总长 L	大头长度 L_1	小头长度 L_2	公称直径 $DN_1\times DN_2$	管件总长 L	大头长度 L_1	小头长度 L_2
110×40	198	96	65	160×125	225	115	92.5
110×50	198	96	72	200×63	270	135	74
110×63	198	96	75	200×75	270	135	80
110×75	198	96	79	200×90	270	135	92
110×90	198	96	83	200×110	270	135	95
125×50	200	100	66	200×125	270	135	100
125×63	200	100	74	200×160	270	135	115
125×75	200	100	80	250×63	300	145	85
125×90	200	100	82	250×75	300	145	90
125×110	200	100	88	250×90	300	145	92
160×63	225	225	70	250×110	300	145	95
160×75	225	225	74.5	250×125	300	145	100
160×90	225	115	78	250×160	300	145	115
160×110	225	115	82	250×200	300	145	130

注：进口燃气管专用聚乙烯注塑管件，可用电热熔套管与管材或其他管件连接。

⑪ 热熔注塑 90°弯头（见图 28-47、表 28-54）

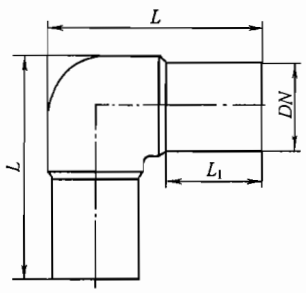


图 28-47

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-54 热熔注塑 90°弯头尺寸 /mm

公称直径 DN	管件总长 L	直管长度 L_1	公称直径 DN	管件总长 L	直管长度 L_1
20	76	50	75	156	75
25	78	50	90	176	78
32	89	50	110	208	87
40	102	55	125	226	93
50	117	60	160	260	98
63	136	65			

注：进口燃气管专用聚乙烯注塑管件，可用电热熔套管与管材或其他管件连接。

⑫ 管堵（见图 28-48、表 28-55）

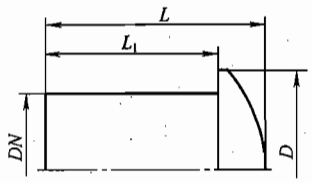


图 28-48

表 28-55 管堵尺寸 /mm

公称直径 DN	管件总长 L	管段长度 L_1	最大外径 D	公称直径 DN	管件总长 L	管段长度 L_1	最大外径 D
20	48	40	25	90	96.1	73	107
25	50	42	31	110	111	83	130
32	54.5	45	38	125	127	89	150
40	61.5	50	48	160	152.4	112	190
50	65.5	52	61	200	178	137	237
63	72	54	77	250	212.5	164	297
75	79.2	61	89				

注：进口燃气管专用聚乙烯注塑管件，可用电热熔套管与管材或其他管件连接。

⑬ 无缝直管式钢塑过渡接头（见图 28-49、表 28-56）

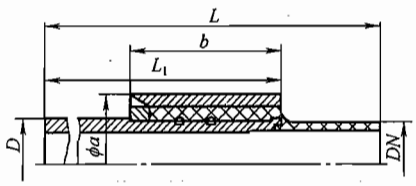


图 28-49

表 28-56 无缝直管式钢塑过渡接头尺寸 /mm

公称直径 $DN\times DG$	管件总长 L	钢管长度 L_1	钢管外径 D	钢套规格 $\phi a\times b$	公称直径 $DN\times DG$	管件总长 L	钢管长度 L_1	钢管外径 D	钢套规格 $\phi a\times b$
$25\times\frac{3''}{4}$	385	285	27	40×53	$60\times2''$	412	285	60	80.5×53
$32\times1''$	412	285	34	46.5×53	$90\times2\frac{1''}{2}$	440	320	76	103×90
$40\times1\frac{1''}{4}$	412	285	42	55.5×53	$110\times3''$	445	320	90	121
$50\times1\frac{1''}{2}$	412	285	48	67×53					

注：整体成型管件，可用电热熔套管与聚乙烯管道连接。无缝钢管与聚乙烯一端牢固连接，具有抗传动措施及加强套防护。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑭ 热熔注塑法兰（见图 28-50、表 28-57）

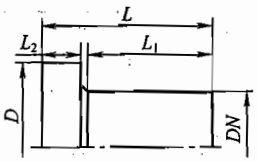


图 28-50

表 28-57　热熔注塑法兰尺寸　/mm

公称直径 DN	管件总长 L	管段总长 L_1	垫环厚度 L_2	垫环外径 D	公称直径 DN	管件总长 L	管段总长 L_1	垫环厚度 L_2	垫环外径 D
63	100	65	8.5	85	125	160	85	21	158
75	118	78	10	104	160	182	115	25	212
90	125	80	13	115	200	203	128	32	264
110	135	85	18	136	250	220	150	32	313

注：进口燃气管专用聚乙烯注塑管件，可用电热熔套管与管材或其他管件连接。注意焊接前将法兰盘装在法兰头上。

⑮ 内埋丝电热熔丝扣式钢塑过渡接头（见图 28-51、表 28-58）

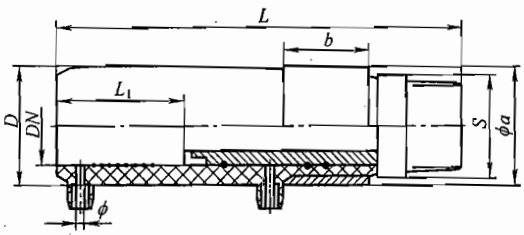


图 28-51

表 28-58　内埋丝电热熔丝扣式钢塑过渡接头尺寸　/mm

公称直径 DN×dN	管件总长 L	管件外径 D	插入深度 L_1	钢套规格 φa×b	对边 S	电极直径 φ
32×1″	128	45	47	46×38	36	4
40×1 1/4″	185	54	53	55×45	46	4
50×1 1/2″	199	68	55	65×47	52	4
63×2″	208	84	59	81×51	64	4

注：整体注塑管件。聚乙烯一端内埋的隐蔽螺旋电热丝能抗氧化及受潮锈蚀，保证焊接性能稳定，插入深度大，焊接带宽，端口和过渡区有足够阻挡熔化材料流动的冷却带，并能使用户减少管网的管件用量。独特的设计使钢管一端与聚乙烯牢固连接在一起，具有抗传动措施及加强套防护。

⑯ 热熔焊制三通（见图 28-52、表 28-59）

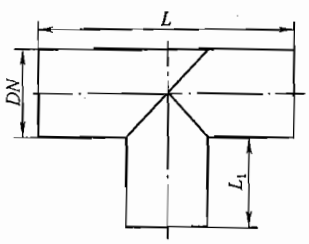


图 28-52

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-59 热熔焊制三通尺寸 /mm

公称直径 DN	管件总长 L	支管长度 L_1	公称直径 DN	管件总长 L	支管长度 L_1
110	610	250	200	700	250
125	625	250	250	750	250
160	660	250			

⑰ 热熔焊制 90°弯头（见图 28-53、表 28-60）

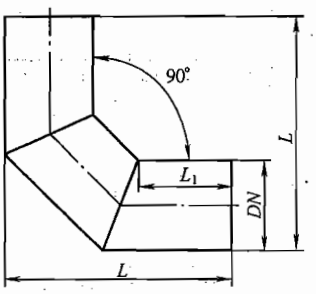


图 28-53

表 28-60 热熔焊制 90°弯头尺寸 /mm

公称直径 DN	管件总长 L	直管长度 L_1
110	334	215
125	474.5	224
160	414	244
200	550	268
250	600	297

⑱ 热熔焊制 45°弯头（见图 28-54、表 28-61）

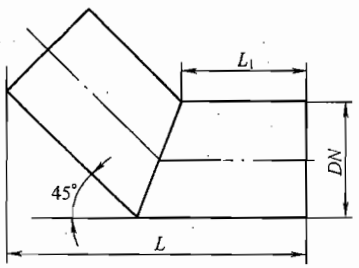


图 28-54

表 28-61 热熔焊制 45°弯头尺寸 /mm

公称直径 DN	管件总长 L	直管长度 L_1
110	445	216
125	470	225
160	530	245
200	600	267
250	683	296

1.10 无规聚丙烯（PPR）管

1.10.1 无规聚丙烯直管

(1) 规格尺寸（见表 28-62）

表 28-62 无规聚丙烯直管尺寸 /mm

公称外径 DN	平均外径		管系列		
			S5	S4	S3.2
	d_e(最小)	d_e(最大)	公称壁厚 δ		
20	20.0	20.3	2.0	2.3	2.8
25	25.0	25.3	2.3	2.8	3.5
32	32.0	32.3	2.9	3.6	4.4
40	40.0	40.4	3.7	4.5	5.5
50	50.0	50.5	4.6	5.6	6.9
63	63.0	63.6	5.8	7.1	8.6
75	75.0	75.7	6.8	8.4	10.3
90	90.0	90.9	8.2	10.1	12.3
110	110.0	111.0	10.0	12.3	15.1

注：1. 管材长度亦可根据需方要求而定。

2. 冷热水管在管道明敷及管井、管沟中暗设时，应对温差引起的轴向伸缩进行补偿，优先采用自然补偿，当不能自然补偿时，应设置补偿器。其温差引起的轴向伸缩量应进行计算。

(2) 管系列 S 和公称压力 PN（见表 28-63）

表 28-63 管系列和公称压力

管系列		S5	S4	S3.2
公称压力 PN/MPa	C=1.25	1.25	1.6	2.0
	C=1.5	1.0	1.25	1.6

注：C—管道系统总使用（设计）系数。

(3) 管道温差引起的轴向伸缩量（见表 28-64）

表 28-64 轴向伸缩量 /mm

管道长度	冷水管	热水管	管道长度	冷水管	热水管
500	1.5	4.9	1400	4.2	13.7
600	1.8	5.9	1600	4.8	15.6
700	2.1	6.8	1800	5.4	17.6
800	2.4	7.8	2000	6.0	19.5
900	2.7	8.8	2500	7.5	24.4
1000	3.0	9.8	3000	9.0	29.3
1200	3.6	11.7	3500	10.5	34.1

注：表中冷水管计算温差 ΔT 取 20℃，热水管取 65℃，线膨胀系数 α 取 0.15mm/(m·℃)。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.10.2 无规聚丙烯管件

(1) 熔接操作技术参数（见表 28-65）

(2) 热熔连接操作要点

① 用切管刀将管材切成所需长度，在管材上标出焊接深度，确保焊接工具上的指示灯指示焊具已足够热（260℃）且处于待用状态。

② 将管材和管件压入焊接头中，在两端同时加压力。加压时不要将管材和管件扭曲或折弯，保持压力直至加热过程完成。

③ 当加热过程完成后，同时取下管材和管件，注意不要扭曲、折弯。

④ 取出后，立即将管材和管件压紧直至所标的结合深度。在此期间，可以在小范围内调整连接处的角度。

(3) 规格尺寸（见表 28-66）

表 28-65 熔接操作技术参数

公称外径 *DN*/mm	熔接深度 /mm	加热时间 /s	插接时间 /s	冷却时间 /min
20	14	5	4	3
25	15	7	4	3
32	17	8	6	4
40	19	12	6	4
50	21	18	6	5
63	25	24	8	6
75	28	30	10	8
90	32	40	12	9
110	38	50	15	10

注：若环境温度低于 5℃，加热时间延长 50%。

表 28-66 无规聚丙烯管件尺寸 /mm

管件名称	公称直径 *DN*
直通	20、25、32、40、50、63、75、90、110
异径直通	25/20、32/20、32/25、40/20、40/25、40/32、50/20、50/25、50/32、50/40、63/20、63/25、63/32、63/40、63/50、75/25、75/32、75/40、75/50、75/63、90/75、110/90
90°弯头	20、25、32、40、50、63、75、90、110
45°弯头	20、25、32、40、50、63、75
等径三通	20、25、32、40、50、63、75、90、110
异径三通	25/20、32/20、32/25、40/20、40/25、40/32、50/20、50/25、50/32、50/40、63/25、63/32、63/40、63/50、75/32、75/40、75/50、75/63、90/75、110/75、110/90
管帽	20、25、32、40、50、63、75
法兰连接件	40、50、63、75、90、110
外螺纹直通	20、25、32、40、50、63、75(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″、2½″)
内螺纹直通	20、25、32、40、50、63、(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″、2½″)
外螺纹 90°弯头	20、25、32
内螺纹 90°弯头	20、25、32
外螺纹三通	20、25、32
内螺纹三通	20、25、32
外螺纹活接头	20、25、32、40、50、63(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″)
内螺纹活接头	20、25、32、40、50、63(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″)
截止阀	20、25、32、40、50、63(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″)
双活接头铜球阀	20、25、32、40、50、63(1/2″、3/4″、1″、1¼″、1½″、2″)
过桥弯	20、25、32
管卡	20、25、32

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(4) 冷水管支吊架最大间距（见表 28-67）

表 28-67 冷水管支吊架最大间距 /mm

公称外径 DN	20	25	32	40	50	63	75	90	110
横管	600	750	900	1000	1200	1400	1600	1600	1800
立管	1000	1200	1500	1700	1800	2000	2000	2100	2500

(5) 热水管支吊架最大间距（见表 28-68）

表 28-68 热水管支吊架最大间距 /mm

公称外径 DN	20	25	32	40	50	63	75	90	110
横管	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1500
立管	900	1000	1200	1400	1600	1700	1700	1800	2000

注：冷、热管共用支、吊架时应根据热水管支吊架间距确定。暗敷直埋管道的支架间距可采用 1000～1500mm。

1.11 其他

1.11.1 钢骨架高分子聚合物复合软管

复合软管具有密封性能好，抗拉强度大，耐酸碱，质量小，挠性好，耐压力，使用寿命长等特点。

(1) 复合软管种类（见表 28-69）

(2) 型号表示方法（见表 28-70）

(3) 规格尺寸（见表 28-71）

表 28-69 复合软管种类

种类代号	输送介质	管体颜色
A	油类：原油、成品油、植物油等	橙黄
B	溶剂类：苯、醇、丙酮、液氨、120# 汽油等	深绿
C	液化气类	浅绿
D	酸、碱类	浅蓝

表 28-70 复合软管型号表示方法

基本型号	管种类	管内径	管长度	最高工作压力	最高使用温度	表示意义
FSG	-□	-□	-□	-□	-□	型谱
	A					油类
	B					溶剂类
	C					液化气类
	D					酸碱类
		φ				mm
			L			m
				PN		MPa
					T	℃
FSG	-A	-φ102	-L8	-PN1.6	-T80	选型示例

注：型号标记示例：FSG-A-φ102-L8-PN1.6-T80

表 28-71 复合软管尺寸

内径 DN /mm	外径(φ±3) /mm	曲率半径 (R±10)/mm	标准长度 (L±0.15)/m	工作压力 /MPa	使用温度 /℃	管体电阻 /Ω	参考质量(G±1) /kg·m^{-1}
32	58	240	6	1.0～4.0	−60～+245	≤3	3.5
38	63	280	6				4.0
51	76	310	8				4.5
102	128	450	12				8
127	152	560	12				10
152	180	720	12				12
204	240	860	12				18
254	295	900	12				22
300	340	950	10				28
350	390	1050	10				36
400	445	1200	10				45

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.11.2　网孔钢管骨架增强复合塑料管

适用于设计压力小于 1.6MPa（*DN*50、*DN*200）、1.0MPa（*DN*250、*DN*500）的流体介质，温度－40～＋120℃条件下化工、石油、电力、矿山、食品、医药等领域的腐蚀性气相、液相的输送管道。基材主体材料为聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯。

直管的结构形式和尺寸应分别符合图 28-55 和表 28-72 的规定。

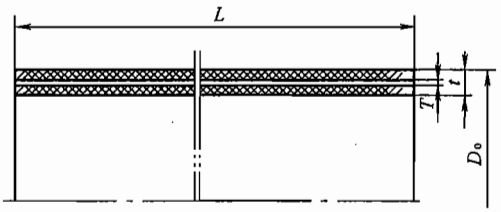


图 28-55

1.11.3　聚四氟乙烯波纹软管（见表 28-73）

1.11.4　聚四氟乙烯膨胀节

聚四氟乙烯膨胀节可用于消除管道、设备因变形引起的伸缩或热膨胀位移等，也可作为缓冲器，如安装在泵的进出口，以减轻或消除振动，提高管道的使用寿命与密封性能。此外，还可以吸收安装偏差。其结构和规格尺寸见图 28-56、表 28-74。

表 28-72　复合塑料直管尺寸　/mm

公称直径 *DN*	D_o	*t*	*T*	*L*
50	66	8	1.5	100～6000
65	88	8	1.5	
80	96	9	1.5	
100	116	9	1.75	
125	150	10	1.75	
150	171	10	2	
200	228	12	2	
250	276	14	2.5	
300	333	16	3	
350	383	16	3.5	
400	445	18	4	
450	490	20	4.5	

注：另有各种管件（弯头、三通、异径管等）配套供应。连接方式主要为承插熔融方式。

表 28-73　聚四氟乙烯波纹管尺寸　/mm

公称直径 *DN*	连接口内径	连接部长度	波纹管			耐负压/MPa	最小挠曲半径	工作温度/℃	管长度	试验压力/MPa
			内径	外径	厚度					
12	13	40～60	8	15	1.0	−0.092	50	<180	200～10000	0.80
15	15		10	17						
20	20		15	22	1.2～2.0					0.75
25	25		15	28						0.72
32	32	50～70	20	35			60			0.68
35	34		25	36		−0.086		<150		
40	38		30	41			70			0.64
50	51	60～80	40	54			80			0.60
65	63		50	66		−0.079	90			0.54
73	73		60	76			95	<120	200～8000	0.50
76	76		65	79			100			
90	86	70～90	75	92			110			0.45
100	100		85	103		−0.074	120			0.40
114	114		100	117			130			0.38
125	125		105	128						

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-74 聚四氟乙烯膨胀节尺寸 /mm

公称直径 DN	标准长度 L	伸缩范围			波纹数/个	膨胀节厚度	加强圈直径	承受真空度/mmHg	法兰			螺栓孔	
		轴向(±)	径向(±)	角向(度)					D	D_1	S	直径	数量/个
25	65	12	8	20	3	1.5	3.0	440	115	85	10	14	4
32	70	14	12	20	3	1.5	3.0	400	135	100	10	16	4
40	75	17	16	25	3	1.7	4.0	360	145	110	10	16	4
50	82	20	20	25	3	1.7	4.0	330	160	125	12	16	4
65	88	22	20	30	3	1.7	4.0	290	180	145	12	16	4
80	92	24	20	30	3	1.7	5.0	257	195	160	14	16	8
100	95	26	20	30	3	2.0	5.0	220	215	180	14	16	8
125	105	29	20	30	3	2.0	5.0	184	245	210	16	16	8
150	115	32	20	25	3	2.0	6.0	140	280	240	16	20	8
200	125	34	20	25	3	2.0	6.0	130	335	295	18	20	8
250	135	36	12	15	3	2.3	7.0	110	405	335	20	20	12
300	145	38	10	10	3	2.3	7.0	100	460	400	22	20	12
350	150	40	5	10	3	2.5	7.0	100	500	460	22	20	16
400	160	40	5	10	3	2.5	8.0	90	565	515	22	22	16
450	180	42	5	10	3	3.0	8.0	90	615	565	28	26	20
500	200	42	5	10	3	3.0	8.0	90	670	620	30	26	20
600	220	44	5	10	3	3.0	8.0	80	780	685	30	30	20
700	240	44	5	10	3	3.0	8.0	80	860	810	32	30	24
800	260	46	5	10	3	3.0	8.0	80	975	920	32	30	24
900	280	46	5	10	3	3.0	8.0	70	1075	1020	34	30	24
1000	300	48	5	5	3	3.0	10	70	1175	1120	34	30	28
1200	320	48	5	5	3	3.0	10	60	1375	1320	36	30	32
1400	340	50	5	5	3	3.0	10	60	1575	1520	36	30	36
1600	360	50	5	5	3	3.0	10	60	1785	1730	36	30	40

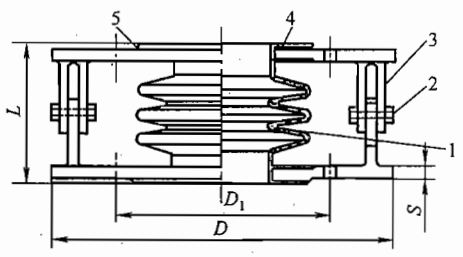


图 28-56

1—不锈钢加强圈；2—铰接轴；3—铰接板；4—聚四氟乙烯膨胀节；5—橡胶石棉板

2 非金属阀门

2.1 球阀

常用非金属球阀有酚醛玻璃钢球阀、增强聚丙烯球阀、硬聚氯乙烯球阀、衬氟塑料球阀等，结构如图 28-57 所示，规格尺寸参见表 28-75。

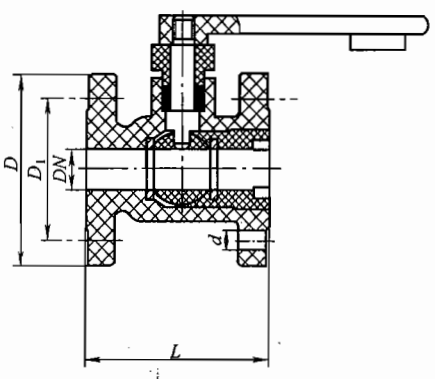


图 28-57

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-75　非金属球阀尺寸　/mm

公称直径 DN	D	D_1	L	公称直径 DN	D	D_1	L
15	95	65	90	65	180	145	265
20	105	75	100	80	195	160	280
25	115	85	115	100	215	180	350
32	135	100	120	125	245	210	400
40	145	110	130	150	280	240	460
50	160	125	150	200	335	295	575

2.2　隔膜阀

常用非金属隔膜阀有增强聚丙烯隔膜阀、衬氟塑料隔膜阀、衬橡胶隔膜阀等，其结构和尺寸可参见图 28-58、表 28-76。

表 28-76　隔膜阀尺寸　/mm

公称直径 DN	D_1	L	H	质量/kg
15	95	125	125	0.7
20	105	135	130	0.8
25	115	145	145	1.0
40	145	180	190	1.7
50	160	210	215	2.3
65	180	250	280	4.8
80	195	300	300	5.6
100	215	350	340	6.8
125	245	400	420	17
150	280	460	480	26
200	335	570	625	45

2.3　截止阀

(1) 衬氟塑料截止阀 J41CF46—16（见图 28-59、表 28-77）

(2) 硬聚氯乙烯截止阀(45°)（见图 28-60、表 28-78）

2.4　衬氟塑料旋塞阀

衬氟塑料旋塞阀 X43F46-10（见图 28-61 和表 28-79）。

2.5　止回阀

(1) 衬氟塑料止回阀 H41CF46-16(见图 28-62、表 28-80)

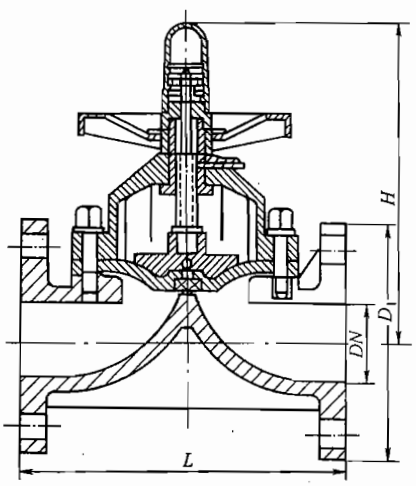


图 28-58

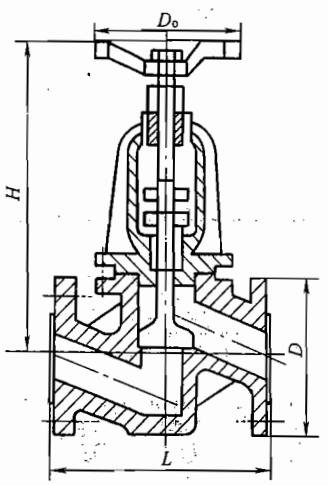


图 28-59

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 28-77 衬氟塑料截止阀尺寸 /mm

公称直径 DN	L	D	D_o	H
15	130	95	80	171
20	150	105	80	201
25	160	115	100	221
32	180	135	120	258
40	200	145	140	286
50	230	160	160	324
65	290	180	180	368
80	310	195	200	445
100	350	215	240	510
125	400	245	280	578
150	480	280	320	650
200	600	335	360	725
250	730	390	400	880
300	850	440	500	1040

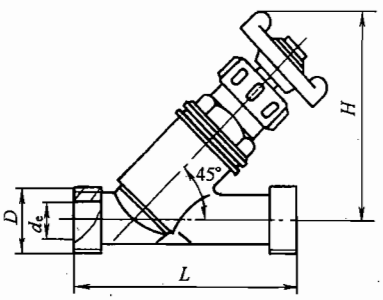


图 28-60

表 28-78 硬聚氯乙烯截止阀尺寸 /mm

公称直径 DN	d_e	D	L	H	压力/MPa
15	15	30	105	87	0.3～0.4
20	20	38	125	100	
25	24	44	155	140	
32	30	54	177	167	
40	38	68	202	202	
50	51	83	230	236	

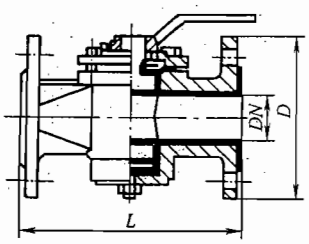


图 28-61

表 28-79 衬氟塑料旋塞阀尺寸 /mm

公称直径 DN	L	D	质量/kg
20	150	105	4
25	160	115	5
32	170	135	7
40	180	145	9
50	210	160	12
65	220	180	18
80	250	195	25
100	275	215	35
125	310	245	47
150	350	280	58

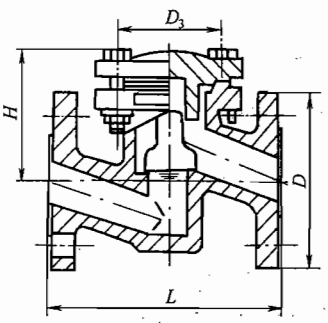


图 28-62

表 28-80 衬氟塑料止回阀尺寸 /mm

公称直径 DN	L	D	D_3	H
25	160	115	85	60
32	180	135	100	75
40	200	145	110	82
50	230	160	125	94
65	290	180	145	104
80	310	195	160	120
100	350	215	180	135
125	400	245	210	157
150	480	280	240	180
200	600	335	295	212
250	750	405	360	240

(2) 增强聚丙烯止回阀（见图 28-63、表 28-81）

在液体介质管道系统中，可直接在水平或垂直的管道上安装使用。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

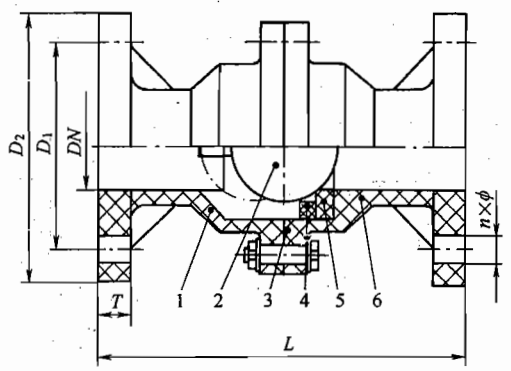


图 28-63

1—阀体（FRPP、PVDF）；2—阀球（钢包塑 FRPP、PVDF）；3—O 形圈（橡胶、EPDM）；4—压片（FRPP、PVDF）；5—密封座（氟橡胶、EPDM）；6—下阀体（FRPP、PVDF）

表 28-81 增强聚丙烯止回阀尺寸

公称直径 DN	尺寸/mm						球启动近似压力/MPa	工作压力/MPa
	D_1	D_2	L	T	n	ϕ		
25	85	115	160	16	4	14	0.005	0.7
32	100	140	180	18	4	18	0.005	0.7
40	110	150	200	18	4	18	0.005	0.7
50	125	165	230	20	4	18	0.005	0.7
65	145	185	290	22	4	18	0.005	0.7
80	160	200	310	25	8	18	0.005	0.7
100	180	220	350	25	8	18	0.005	0.6
125	210	250	400	35	8	18	0.005	0.5
150	240	285	480	35	8	22	0.005	0.5
200	295	340	495	40	12	22	0.005	0.4

注：1. 工作温度：PVDF 为－40～＋125℃；FRPP 为－14～＋90℃。

2. D_1、D_2、$n\times\phi$ 按 HGJ 44 PN1.0MPa 标准，L 结构长度按 GB 12221 标准。

2.6 蝶阀

2.6.1 衬氟塑料蝶阀

(1) 技术数据（见表 28-82）

表 28-82 技术参数

公称直径	$DN40\sim DN800(1.5''\sim 32'')$
公称压力	GB PN1.0 PN1.6 PN2.5MPa ANSI 150Lb JIS10K
法兰标准	JB、HG、ANSI、JIS
适用温度	－40～200℃
驱动方式	手动、涡轮动、气动、电动

(2) 手动衬氟塑料蝶阀（$D71F_4$-10）（见图 28-64、表 28-83）

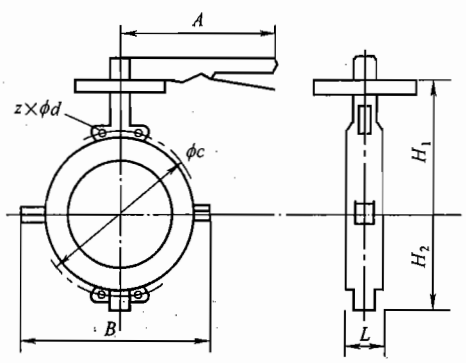


图 28-64

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 涡轮式衬氟塑料蝶阀（法兰式）D341F$_4$-10（见图 28-65、表 28-84）

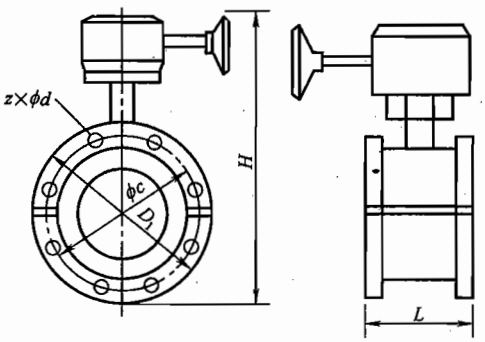


图 28-65

(4) 涡轮式衬氟塑料蝶阀（对夹式）D371F$_4$-10（见图 28-66、表 28-85）

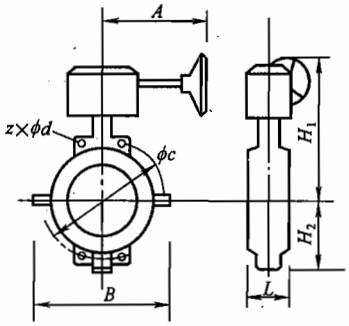


图 28-66

表 28-83 手动衬氟塑料蝶阀尺寸 /mm

公称直径 DN		主要尺寸					法兰尺寸						质量/kg
							JBHGPN1.0MPa		ANSI150Lb		JIS10K		
/mm	/in	L	A	B	H_1	H_2	φc	z×φd	φc	z×φd	φc	z×φd	
40	1.5	40	240	132	122	60	110	4×18	98.5	4×15	105	4×19	3.65
50	2	43	240	150	148	70	125	4×18	120.7	4×19	120	4×19	4.2
65	2.5	46	266	170	158	70	145	4×18	139.7	4×19	140	4×19	5.05
80	3	46	266	196	167	85	160	4×18	152.4	4×19	150	8×19	6.15
100	4	52	320	210	175	110	180	8×18	190.5	8×19	175	8×19	7.5
125	5	56	320	236	196	124	210	8×18	215.9	8×22	210	8×23	10.65
150	6	56	360	276	230	144	240	8×23	241.3	8×22	240	8×23	14
200	8	60	360	340	280	175	295	8×23	298.5	8×22	290	12×23	17

表 28-84 涡轮式衬氟塑料蝶阀（法兰式）尺寸

产品型号	公称直径 DN		主要结构尺寸/mm						产品性能		阀体材料	衬氟材料	选用标准
	/mm	/in	L	H	φc	D_1	z	φd	适用温度	适用介质			
D41F$_4$-10型衬氟蝶阀	80	3	114	225	160	200	4	18	−150～+200℃	强腐蚀性介质	不锈钢或铸钢	聚四氟乙烯(PTFE)	GB 12238
	100	4	120	285	180	215	8	18					
	125	5	130	320	210	245	8	18					
	150	6	140	360	240	285	8	22					
	200	8	150	393	295	340	8	22					
D341F$_4$-10型衬氟蝶阀	80	3	114	338	160	200	4	18					
	100	4	120	370	180	215	8	18					
	125	5	130	405	210	245	8	18					

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

产品型号	公称直径 DN		主要结构尺寸/mm						产品性能		阀体材料	衬氟材料	选用标准
	/mm	/in	L	H	ϕc	D_1	z	ϕd	适用温度	适用介质			
D341F$_4$-10型衬氟蝶阀	150	6	140	512	240	285	8	22	−150～+200℃	强腐蚀性介质	不锈钢或铸钢	聚四氟乙烯(PTFE)	GB 12238
	200	8	150	593	295	340	8	22					
	250	10	250	680	350	390	12	22					
	300	12	270	733	400	445	12	22					
	350	14	290	820	460	505	16	23					
	400	16	310	968	515	565	16	26					
	450	18	330	1088	565	615	20	26					
	500	20	350	1130	620	670	20	26					
	600	24	390	1320	725	780	20	30					
	700	28	430	1460	840	895	24	30					
	800	32	470	1585	950	1015	24	33					

表 28-85　涡轮式衬氟塑料蝶阀（对夹式）尺寸　/mm

公称直径 DN		主要尺寸					法兰尺寸						质量/kg
							JBHGPN1.0MPa		ANSI 150Lb		JIS10K		
/mm	/in	L	A	B	H_1	H_2	ϕc	$z\times\phi d$	ϕc	$z\times\phi d$	ϕc	$z\times\phi d$	
40	1.5	40	84	132	201	60	110	4×18	98.5	4×15	105	4×19	5.8
50	2	43	84	150	223	70	125	4×18	120.7	4×19	120	4×19	6.4
65	2.5	46	84	170	242	70	145	4×18	139.7	4×19	140	4×19	7.3
80	3	46	84	196	253	85	160	4×18	152.4	4×19	150	8×19	10.4
100	4	52	157	210	260	110	180	8×18	190.5	8×19	175	8×19	11.7
125	5	56	157	236	281	124	210	8×18	215.9	8×22	210	8×23	14.5
150	6	56	225	276	368	144	240	8×23	241.3	8×22	240	8×23	23.8
200	8	60	225	340	418	175	295	8×23	298.5	8×22	290	12×23	30.4
250	10	68	225	390	469	211	350	12×23	362	12×25	355	12×25	68.2
300	12	78	225	447	503	230	400	12×23	431.8	12×25	400	16×25	91.8
350	14	78	225	500	563	257	460	16×23	476.3	12×29	445	16×25	172
400	16	102	225	565	670	298	515	16×23	539.8	16×29	510	16×27	258
450	18	114	225	600	743	345	565	20×26	577.9	16×32	565	20×27	270
500	20	127	286	625	780	350	620	20×26	635	20×32	620	20×27	290
600	24	154	295	836	845	425	725	20×30	749.3	20×35	730	24×33	310
700	28	165	320	900	675	500	840	24×30			840	24×33	330
800	32	190	320	1005	875	540	950	24×34			950	28×33	370

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(5) 气动式衬氟塑料蝶阀 D671F$_4$-10（见图 28-67、表 28-86）

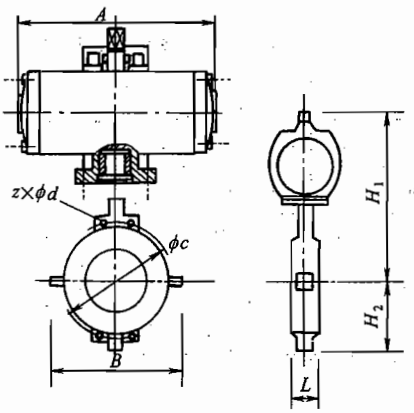


图 28-67

表 28-86 气动式衬氟塑料蝶阀尺寸 /mm

公称直径 DN		主要尺寸					法兰尺寸						质量 /kg
							JBHGPN1.0MPa		ANSI 150Lb		JIS10K		
/mm	/in	L	A	B	H_1	H_2	φc	z×φd	φc	z×φd	φc	z×φd	
40	1.5	40	165	132	240	60	110	4×18	98.5	4×15	105	4×19	10
50	2	43	225	150	313	70	125	4×18	120.7	4×19	120	4×19	12
65	2.5	46	225	170	323	70	145	4×18	139.7	4×19	140	4×19	14
80	3	46	255	196	352	85	160	4×18	152.4	4×19	150	8×19	18.5
100	4	52	255	210	360	110	180	8×18	190.5	8×19	175	8×19	20
125	5	56	330	236	416	124	210	8×18	215.9	8×22	210	8×23	22
150	6	56	330	276	450	144	240	8×23	241.3	8×22	240	8×23	25
200	8	60	380	340	515	175	295	8×23	298.5	8×22	290	12×23	46
250	10	68	380	390	526	211	350	12×23	362	12×25	355	12×25	58
300	12	78	380	447	530	230	400	12×23	431.8	12×25	400	16×25	63
350	14	78	460	500	645	257	460	16×23	476.3	12×29	445	16×25	82
400	16	102	460	565	690	298	515	16×25	539.8	16×29	510	16×27	120
450	18	114	460	600	743	345	565	20×26	577.9	16×32	565	20×27	150
500	20	127	880	625	800	350	620	20×26	635	20×32	620	20×27	173
600	24	154	880	836	855	425	725	20×30	749.3	20×35	730	24×33	240
700	28	165	1100	900	935	500	840	24×30			840	24×33	270
800	32	190	1100	1005	980	540	950	24×34			950	28×33	340

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(6) 电动式衬氟塑料蝶阀 D971F$_4$-10（见图 28-68、表 28-87）

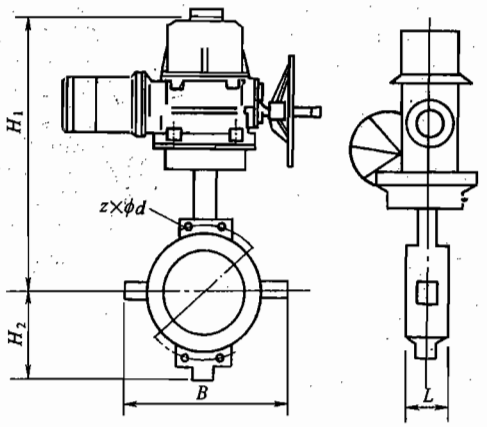


图 28-68

表 28-87　电动式衬氟塑料蝶阀尺寸　/mm

公称直径 DN		主要尺寸					法兰尺寸						质量 /kg
							JBHGPN1.0MPa		ANSI 150Lb		JIS10K		
/mm	/in	L	A	B	H_1	H_2	ϕc	$z\times\phi d$	ϕc	$z\times\phi d$	ϕc	$z\times\phi d$	
40	1.5	40	220	132	417	60	110	4×18	98.5	4×15	105	4×19	23
50	2	43	220	150	453	370	125	4×18	120.7	4×19	120	4×19	24
65	2.5	46	220	170	476	670	145	4×18	139.7	4×19	140	4×19	25.5
80	3	46	220	196	510	85	160	4×18	152.4	4×19	150	8×19	27
100	4	52	220	210	525	110	180	8×18	190.5	4×19	175	8×19	28
125	5	56	360	236	534	124	210	8×18	215.9	8×22	210	8×23	50
150	6	56	360	276	550	144	240	8×18	241.3	8×22	240	8×23	53
200	8	60	360	340	563	175	295	8×18	298.5	8×22	290	12×23	55
250	10	68	360	390	570	211	350	12×23	362	12×25	355	12×25	60
300	12	78	360	447	595	230	400	12×23	431.8	12×25	400	16×25	75
350	14	78	500	500	618	257	460	16×23	476.3	12×29	445	16×25	84
400	16	102	500	565	625	298	515	16×25	539.8	16×29	510	16×27	90
450	18	114	500	600	630	345	565	20×26	577.9	16×32	565	20×27	160
500	20	127	500	625	645	350	620	20×26	635	20×32	620	20×27	190
600	24	154	500	836	660	425	725	20×30	749.3	20×35	730	24×33	230
700	28	165	630	900	690	500	840	24×30			840	28×33	285
800	32	190	630	1005	710	540	950	24×34			950	28×33	330

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.6.2 增强聚丙烯（FRPP）蝶阀

(1) 蝶阀流量特性曲线（见图 28-69）。

(2) 手动蝶阀（D71×F_2-1.0S、D71×S-1.0S）

其结构和规格尺寸见图 28-70 和表 28-88。

(3) 涡轮传动蝶阀（D371×F_2-1.0S、D371×S-1.0S）

其结构和规格尺寸见图 28-71 和表 28-89。

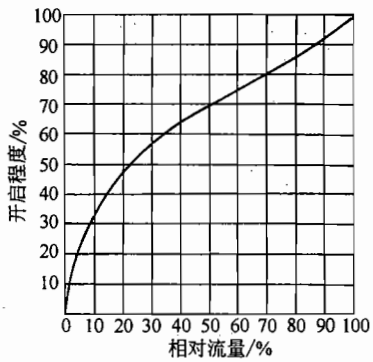


图 28-69 蝶阀流量特性曲线

表 28-88 手动蝶阀尺寸

公称直径 DN	尺寸/mm							工作压力/MPa
	D_1	D_2	D_3	L_1	L	H	$n\times\phi$	
25	36	85	125	150	30	135	4×14	0.7
32	36	100	125	150	30	135	4×18	0.7
40	47	110	150	220	39	155	4×18	0.7
50	55	125	165	220	40	158	4×18	0.7
65	71	145	185	220	45	170	4×18	0.7
80	85	160	200	280	45	190	8×18	0.7
100	105	180	220	280	75	203	8×18	0.6
125	131	210	250	300	70	256	8×18	0.5
150	153	240	285	300	74	269	8×22	0.5

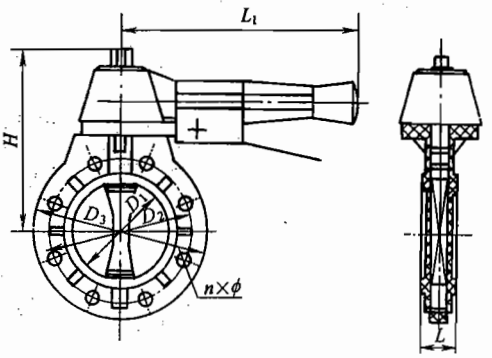


图 28-70

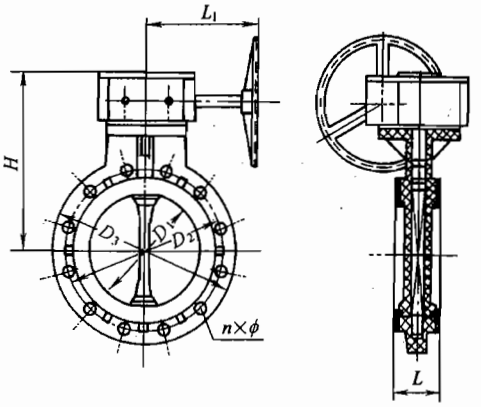


图 28-71

表 28-89 涡轮传动蝶阀尺寸

公称直径 DN	尺寸/mm							工作压力/MPa
	D_1	D_2	D_3	L_1	L	H	$n\times\phi$	
125	131	210	250	180	70	256	8×18	0.5
150	153	240	285	180	74	269	8×22	0.5
200	204	295	340	180	87	303	8×22	0.4
250	255	350	395	180	114	333	12×22	0.3
300	307	400	445	180	114	363	12×22	0.3
350	358	460	505	180	127	393	16×22	0.3
400	398	515	565	240	140	458	16×26	0.3
450	446	565	615	240	152	478	20×26	0.2
500	494	620	670	260	152	508	20×26	0.2
600	590	725	780	260	178	573	20×30	0.2

注：1. D_1 阀座通径按 GB 12238 标准，D_2、D_3、$n\times\phi$ 按 HG 20592—1997，PN1.0MPa 标准，L 结构长度按 GB 12221 标准。

2. 工作温度 FRPP：－14～＋90℃；PVDF：－40～＋125℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第29章 管系应力分析

1 管系上作用的荷载及其分类

管系上的应力主要是由于管系上作用的荷载引起的（当然还有管系在制造和安装时产生的残余应力），通常作用到管系上的荷载按性质可分为产生一次应力的荷载和产生二次应力的荷载两大类。产生一次应力的荷载的特点是：该荷载产生的应力是非自限性的，管系内的应力不会随着管线的变形而减少。而产生二次应力的荷载的特点是：该荷载产生的应力是自限性的，即管系内的应力随着管线的变形会减少。

(1) 产生一次应力的荷载

① 压力荷载：装置运转时产生的内压力、外压力，因为在运行条件下管道内的压力和温度有种种的变化，所以取最苛刻的压力和温度组合作为设计条件。

② 重力荷载：管道、阀门、管件、管道隔热材料和管道内介质的重量及其他的集中载荷。

③ 试验荷载：管道安装完毕后，进行水压试验或气压试验时产生的荷载。

④ 风及地震荷载：由于风或地震作用产生的振动。一般可按当量的静载荷计算。

⑤ 雪载荷。

⑥ 压力冲击荷载：机、泵启动和关闭，阀门的快速启动和关闭及蒸汽管道暖管时产生的瞬间压力差（也称水锤）。

(2) 产生二次应力的荷载

① 热膨胀变形产生的荷载。

② 安装时冷紧产生的荷载。

③ 与管道相连的设备热膨胀产生的荷载。

④ 与管道相连的设备不均匀沉降产生的荷载。

2 管系应力分析的内容

管系应力分析包括静力分析和动力分析两部分。

2.1 静力分析

(1) 一次应力分析

管系承受上述一次应力荷载（持续外载）作用产生的应力属于一次应力。一次应力是非自限性的，超过屈服强度将使管系整体变形直至破坏。管道在工作状态时管壁将产生内压周向应力、轴向应力和径向应力，在持续外载作用下产生持续外载轴向应力、弯曲应力和扭转应力，其中由于外载产生的扭转应力很小，可以认为外载弯曲应力和扭转应力组合的当量应力方向，基本上沿着管子轴向的。因此管道在内压和持续外载联合作用下，管壁上三个主应力仍为周向应力、轴向应力（包括内压轴向应力、持续外载轴向应力和当量应力）和内压径向应力。

① 管道内的周向应力：

$$\sigma_c = PD/2t \tag{29-1}$$

式中 σ_c——管道内的周向应力；

P——管道承受的内压或外压；

D——管道的中径，$D=D_o-t$； (29-2)

t——管道的壁厚。

② 管道内的轴向应力由三部分组成：

$$\sigma_a = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \tag{29-3}$$

式中 σ_a——管道内的轴向应力；

σ_1——由管道的内压或外压产生的轴向应力，

$$\sigma_1 = \sigma_c/2; \tag{29-4}$$

σ_2——由管道外载荷产生的轴向弯曲应力，

$$\sigma_2 = M/W; \tag{29-5}$$

M——由管道外载荷引起的力矩；

W——管道的截面模量，$W=\frac{\pi}{32}\times\frac{D_o^4-D_i^4}{D_o}$；

(29-6)

σ_3——由管道外载荷引起的轴向拉伸应力，

$$\sigma_3 = F/A; \tag{29-7}$$

F——由管道外载荷引起的轴向外力；

A——管道的截面积。

③ 管道的径向应力 管道的径向应力 σ_r 由管道的内压或外压产生。当管道承受内压时，内壁的径向应力等于内压，外壁的径向应力为零，由于管道的径向应力与环向应力和轴向应力比较相对较小，除管道外径与内径的比值大于 1.1 的高压管道以外，一般可忽略不计。

(2) 二次应力分析

管道由于热胀冷缩等引起二次应力荷载的作用而

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

产生的应力属二次应力。其特征是具有自限性，当管道局部屈服和小量变形时应力就会自动降低下来，二次应力产生的破坏，是在反复交变应力作用下引起的疲劳破坏。对于二次应力的限定，是采用许用应力范围和控制一定的交变循环次数。

因热胀而产生的合成应力 σ_E 是按照最大剪切应力理论合成的，即热应力是由于轴向力、剪切力、弯曲力矩和扭矩而产生的合应力，在普通形状的管系中，轴向力和剪切力同弯曲和扭矩相比甚小可以忽略不计，按最大剪切应力理论简化，热应力近似计算为

$$\sigma_E=\sqrt{\sigma_b^2+4\tau^2} \tag{29-8}$$

式中 σ_b——由合成弯曲力矩产生的应力，kgf/cm²；

τ——由扭矩产生的扭应力，kgf/cm²。

对于直管

$$\sigma_b=\frac{\sqrt{M_{b1}^2+M_{b2}^2}}{W} \tag{29-9}$$

对于光滑的弯头和斜接弯头

$$\sigma_b=\frac{\sqrt{(I_iM_i)^2+(I_oM_o)^2}}{W} \tag{29-10}$$

$$\tau_t=\frac{M_t}{2W} \tag{29-11}$$

式中 M_{b1}——管段所在平面内的弯矩，kgf·m；

M_{b2}——与管段所在平面成垂直的平面的弯矩，kgf·cm；

M_t——扭矩，kgf·cm；

I_i——平面内应力集中系数；

I_o——平面外应力集中系数；

M_i——平面内弯矩，kgf·cm；

M_o——平面外弯矩，kgf·cm。

(3) 管系对设备和固定点的作用力

管系对端点（设备和固定点）的推力（力和力矩），由引起一次应力的持续外载、支座摩擦力和引起二次应力的荷载（热胀冷缩）等联合作用在端点上。

$$N=N_p+N_f+N_E \tag{29-12}$$

式中 N——作用在端点的合成力；

N_p——持续外载作用在端点的力；

N_f——摩擦力反作用在端点的力；

N_E——引起二次应力的荷载作用在端点的力（弹性力等）。

各种不同摩擦副的滑动支座摩擦系数如下：

钢对钢滑动摩擦 $\mu=0.3$

钢对钢滚动摩擦 $\mu=0.1$

不锈钢对聚四氟乙烯滑动摩擦 $\mu=0.1$

钢对混凝土滑动摩擦 $\mu=0.6$

(4) 管系支吊架的受力

管系对支吊架的作用力（力和力矩），由于引起一次应力的持续外载，引起二次应力的荷载（热胀冷缩），支座摩擦力，及设备、支座的沉降等联合作用在支吊架上，可以通过计算机计算出管系对各支吊架的作用力。

2.2 动力分析

化工管道的振动，经常会引起管系和管架的疲劳破坏，建筑物诱发振动和噪声等，严重的影响整个装置的正常运行。化工管道中常遇到的振动有往复式压缩机及往复泵进出口管道的振动，两相流管道呈柱塞流时的振动，水锤现象，安全阀排气系统产生振动，风载荷、地震载荷引起振动等。

管系设计时要考虑防止或控制管道发生振动和共振，对振动管系特别是往复式压缩机、往复式泵的管系，重点进行以下动力分析。

① 气（液）柱固有频率分析，使其避开激振力的频率。

② 压力脉动不均匀度分析，将压力不均匀度控制在允许范围内。

③ 管系结构振动固有频率、振动及各节点的振幅及动应力分析，通过设置防振支架，优化管道布置消除过大管道振动。

为避免发生管系共振，应使气（液）柱固有频率、管系的结构固有频率与激振力频率错开。

3 管道应力分析的目的

管道应力分析应保证管道在设计条件下具有足够的柔性，防止管道因热胀冷缩、端点附加位移、管道支承设置不当等原因造成的下列问题：

① 管道应力过大或金属疲劳引起的管道或支架破坏；

② 管道连接处产生泄漏；

③ 管道推力和力矩过大，使与其相连接的设备产生过大的应力或变形，影响设备正常运行。

4 管系应力分析方法

4.1 应力计算基础

4.1.1 热膨胀量计算

大部分工程材料，单位长度热胀量近似地与温度呈线性关系。如管系温度变化均匀，它沿各坐标轴方向的热胀量（线位移）等于管系在该轴上的投影长度与单位线胀量（线位移）的乘积，其热胀方向为管系两端点连线的方向。图 29-1 所示为中间有一固定点的管系（实际上已分割为两个管系①和②），其两端自由膨胀的膨胀量和热胀方向。

由于 $\Delta=Le$ $U_1=\sqrt{L_{x1}^2+L_{y1}^2}$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

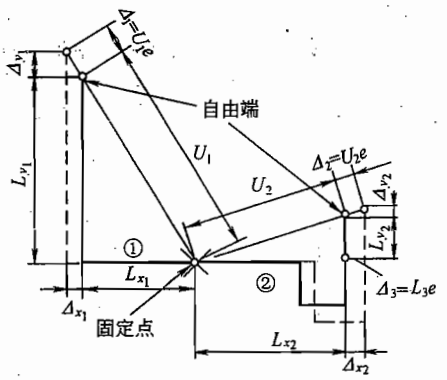


图 29-1 两端自由、中间有一固定点的平面管系热胀量和热胀方向示意

$$\left.\begin{aligned}&\text{所以}\quad \Delta_{x1}=L_{x1}e\quad \Delta_{y1}=L_{y1}e\\&\Delta_1=\sqrt{(\Delta_{x1})^2+(\Delta_{y1})^2}=U_1e\end{aligned}\right\}\quad(29\text{-}13)$$

同理，可求得

$$\Delta_{x2}=L_{x2}e\quad \Delta_{y2}=L_{y2}e\quad \Delta_2=U_2e\quad(29\text{-}14)$$

式中 Δ，Δ_1，Δ_2——管系线胀量和管系①②的线胀量，cm；

L，U_1，U_2——管系长度和管系①、②两端点间距离，m；

e——管单位长度的线胀量，cm/m；

Δ_{x1}，Δ_{y1}，Δ_{x2}，Δ_{y2}——管系①、②在 x、y 轴上的线胀量，cm/m；

L_{x1}，L_{y1}，L_{x2}，L_{y2}——管系①、②在 x、y 轴上的投影长度，m。

通常管系不止有一个固定点，而是两端固定，如图 29-2 所示。

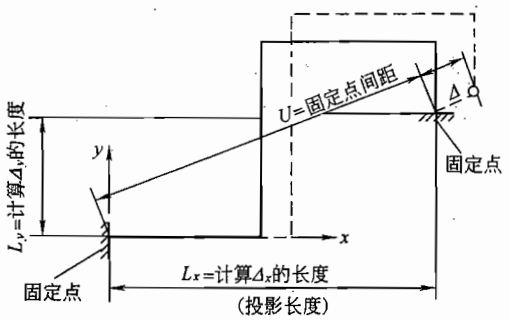


图 29-2 两端固定的平面管系热胀量和热胀方向示意

$$\Delta_x=L_xe$$
$$\Delta_y=L_ye$$
$$\Delta=Ue=\sqrt{L_x^2+L_y^2}\,e$$

式中 Δ_x，Δ_y，Δ——管系在 x、y 轴上和总的线胀量，cm；

L_x、L_y、U——管系在 x、y 轴上的投影长度和两端点的距离，m。

对于空间管系，同样可以得到

$$\left.\begin{aligned}&\Delta_x=L_xe\qquad \Delta_y=L_ye\qquad \Delta_z=L_ze\\&\Delta=\sqrt{\Delta_x^2+\Delta_y^2+\Delta_z^2}=\sqrt{L_x^2+L_y^2+L_z^2}\,e\end{aligned}\right\}\quad(29\text{-}15)$$

式中 Δ，Δ_x，Δ_y，Δ_z——管系总的线胀量和在 x、y、z 轴上的线胀量，cm；

L_x，L_y，L_z——管系在 x、y、z 轴上的投影长度，m；

e——管单位长度的线胀量，cm/m。

4.1.2 补偿值计算

由于管系两端多与设备相接，而设备因热胀或基础下沉产生位移，这时管系的补偿值应包括热胀量和附加端点位移。即

$$\left.\begin{aligned}\Delta x&=\Delta x_A-\Delta x_B-\Delta x_t\\\Delta y&=\Delta y_A-\Delta y_B-\Delta y_t\\\Delta z&=\Delta z_A-\Delta z_B-\Delta z_t\end{aligned}\right\}\quad(29\text{-}16)$$

式(29-16)是从许多例题中总结出来的公式，一般假定管系的某一固定点 A 为坐标原点，并解除 A 点约束。这时其线胀方向与坐标轴同向者取“+”，反之取“−”；端点位移方向与坐标轴同向者取“+”，反之取“−”值。

4.1.3 应力计算

管系受到温度的作用，产生热胀冷缩的变形，由于管系受到端点（设备及固定点）及支座等约束，阻止管系自由变形，因此管系上受到约束力（力和力矩）作用，也就必然在管系各点产生各种大小不等的应力。由虎克定律可知，对于直管来说应力与应变的关系为

$$\sigma=E_te=E_t\frac{\Delta l}{l}=E_t\alpha_t\Delta t\quad(29\text{-}17)$$

式中 σ——应力，kgf/cm^2；

E_t——钢材在计算温度下的弹性模数；

Δl——管子的膨胀量，cm；

l——管子长度，cm；

α_t——钢材在计算温度下线胀系数，$℃^{-1}$；

Δt——温升，℃。

4.2 管系应力分析方法

管道应力分析的方法一般分为经验判断法、简单分析法和详细分析法三种。

① 经验判断法通常是指如下。

a. 与运行良好的管道相比较，其管道形状、尺寸、操作条件均基本相当的管道。

b. 与已分析的管道相比较，确认有足够柔性的管道。

② 简单分析法通常是指利用图、表等方法对几何形状相对简单的管系进行近似解析计算。通常，各个大型的工程公司均有自己成熟的图、表。本书着重

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

介绍下列四种比较常用的简单分析法。

a. ANSI 判断法　对一般非输送有毒介质的管系，通常采用美国国家标准 ANSI B31.1 及 B31.3 介绍的判断式进行判断（见图 29-3）。满足判断式的规定，说明管系有足够的柔性，热应力在许可范围内，可不再进行详细计算。但是，这种判断结果是偏安全的。对价格昂贵的合金钢管系可能还需进行详细计算，在确保安全的前提下设计出最经济的管系。

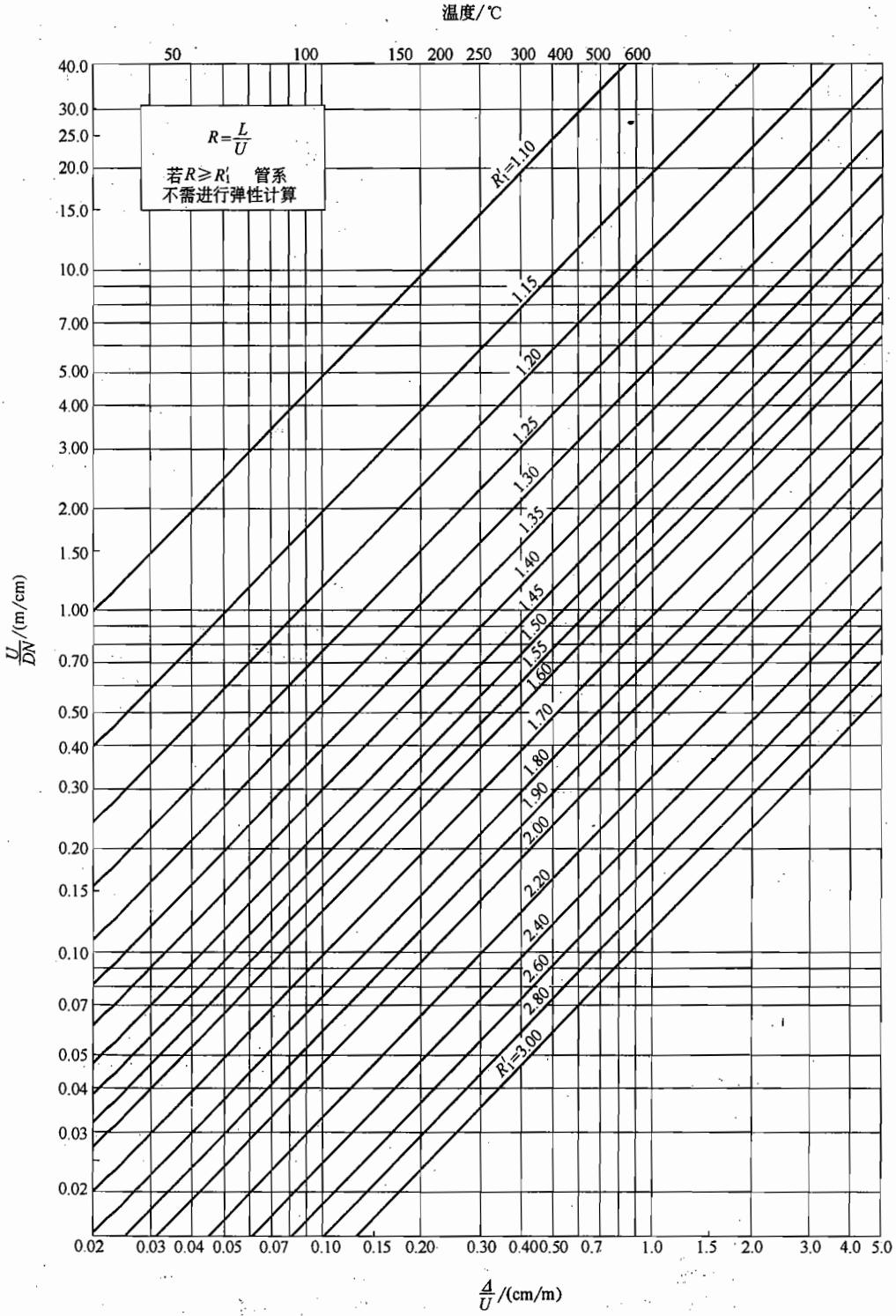


图 29-3　ANSI B31.3 判断式线算图（适用于碳钢、低铬钼钢～Cr_2Mo）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

ANSI B31.1 编制判断式时，假定如下。

ⅰ 管段两端为固定点。

ⅱ 管段内管子的管径、壁厚、材料都是一致的。

ⅲ 管段上无支管引出。

ⅳ 管段的冷热周期少于 7000 次。

对一般碳钢管，冷热交变小于 7000 次时，可忽略温度对许用应力和弹性模量的影响，判断式为

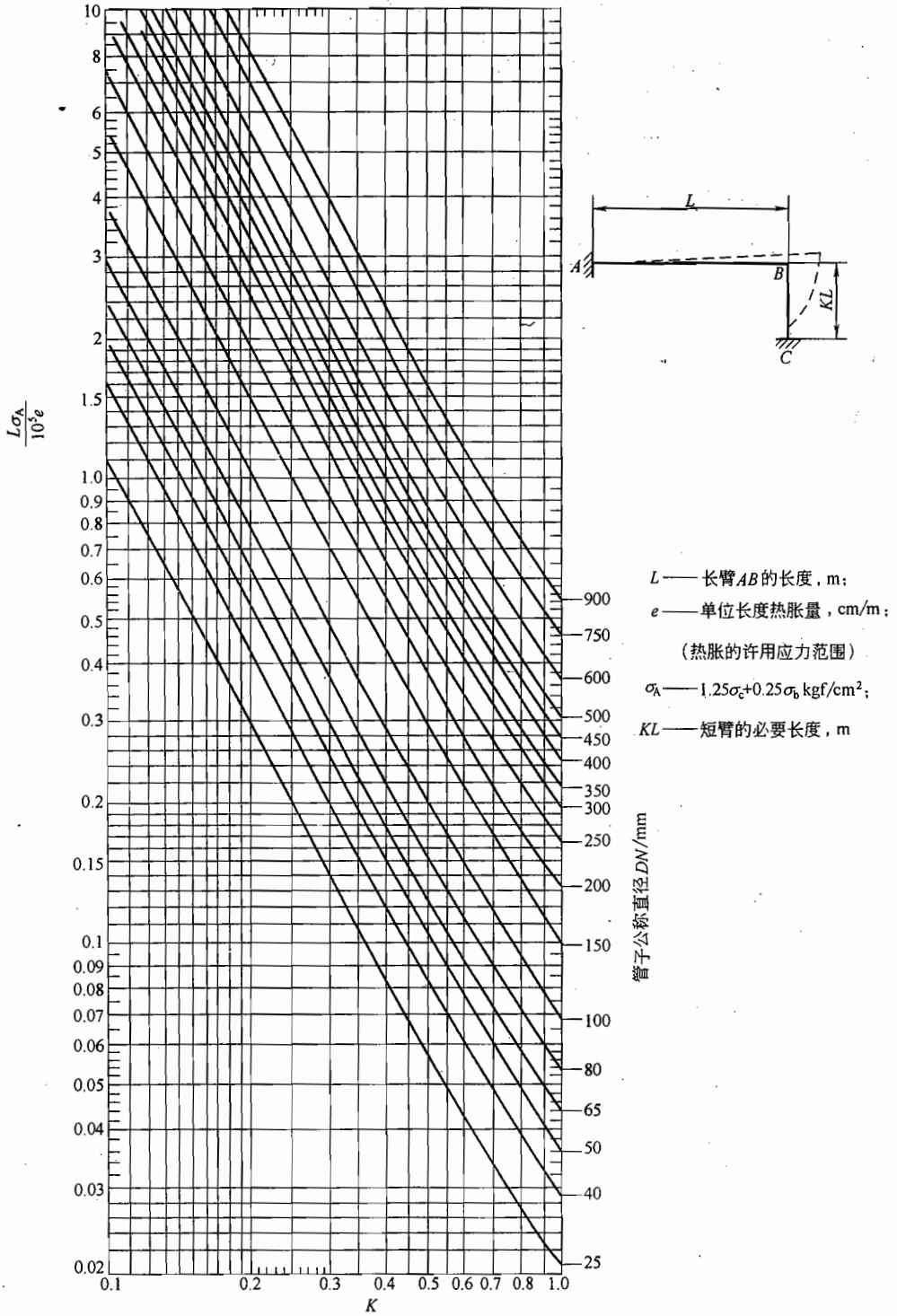


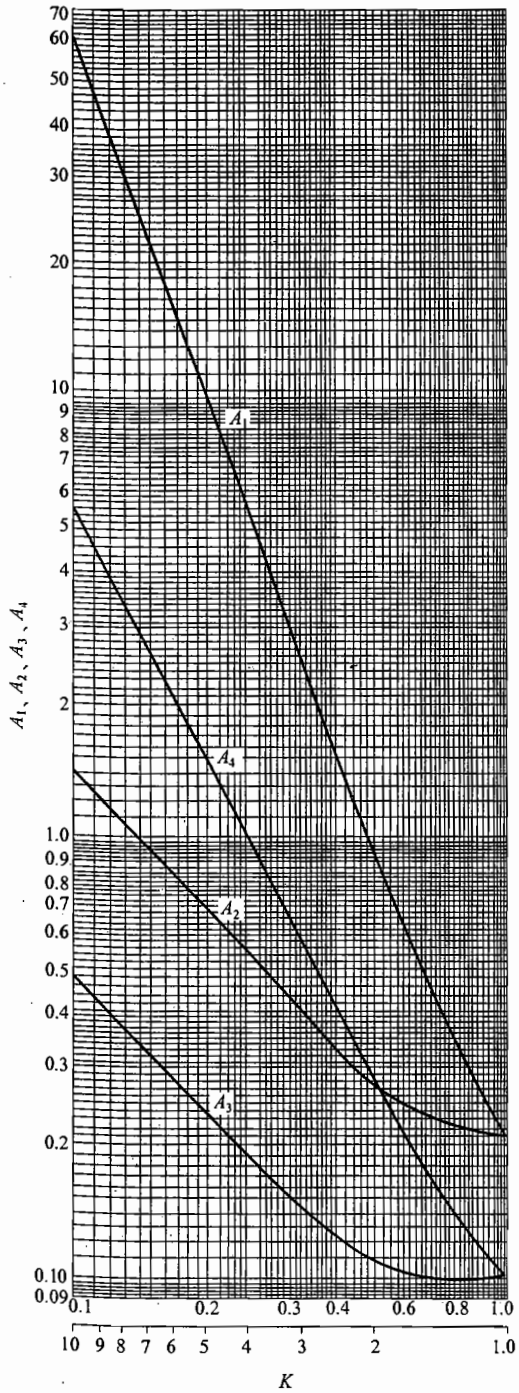
图 29-4 确定 90°L 形管系（两端固定）短臂长度的算图

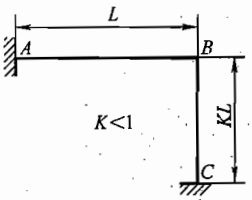
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

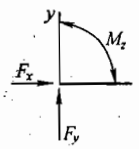
$$D_0Y/(L-U)^2 \leqslant 208.4 \qquad (29\text{-}18)$$

b. 凯洛格图解法 由于管系形状复杂，理论计算比较繁琐又费时间，因此有不少近似的简化计算图表可供一定形状一定条件的管系作应力分析用。使用这些计算图表进行图解计算时，一定要注意其适用的条件和局限性，下面仅介绍比较常见的三种管道形状的图解分析方法。

i 两端固定的L形管系（固定点无位移时） 用图29-4和图29-5进行计算。先由图29-4查出所需短臂的长度，再由图29-5求出力矩和力。





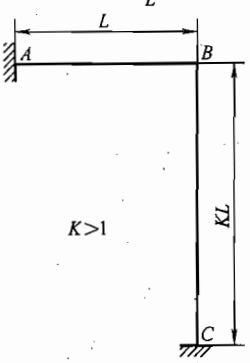


$$F_{zA}=-F_{zC}=-121.5\frac{A_1Ie}{L^2}$$

$$F_{yA}=-F_{yC}=+121.5\frac{A_2Ie}{L^2}$$

$$M_{zA}=+121.5\frac{A_3Ie}{L}$$

$$M_{zC}=-121.5\frac{A_4Ie}{L}$$



$$F_{xA}=-F_{xC}=-121.5\frac{A_2Ie}{(KL)^2}$$

$$F_{yA}=-F_{yC}=+121.5\frac{A_1Ie}{(KL)^2}$$

$$M_{zA}=+121.5\frac{A_4Ie}{KL}$$

$$M_{zC}=-121.5\frac{A_3Ie}{KL}$$

式中 F——固定点的反力，kgf；

M——力矩，kgf·m；下标第一个字母表示力（力矩）的方向，下标第二个字母表示力（力矩）的位置；

I——管子断面惯性矩，cm^4；

e——单位长度热胀量，cm/m；

图29-5 90°L形管系（两端固定，于固定点无位移）作用于固定点的力和力矩的算图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

例1 已知一根90°L形管，直径10cm，管材为碳钢，惯性矩 $I=301\text{cm}^4$，设计温度276℃，AB长3.05m，管材许用应力范围 $\sigma_A=1630\text{kg/cm}^2$（见图29-6）。

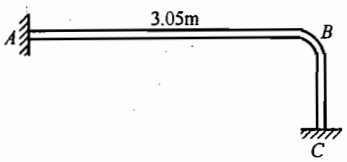


图 29-6

求 ① 需要的 BC 段长度。

② 作用在 A 点和 C 点的力矩和力。

解 ① 由图29-7查得碳钢管由20℃升到276℃时，单位线膨胀量 $e=0.334\text{cm/m}$；由图29-4查得

当 $\frac{L\sigma_A}{10^5 e}=\frac{3.05\times1630}{10^5\times0.334}=0.149$ 时，公称直径10cm管子的 $K=0.59$，所以

$$BC=KL=0.59\times3.05=1.8\text{m}$$

② 当 $K=0.59$ 时，由图29-5可查得

$A_1=0.6$

$A_2=0.245$

$A_3=0.102$

$A_4=0.212$

$$\frac{Ie}{L}=\frac{301\times0.334}{3.05^2}=10.8$$

$$\frac{Ie}{L}=\frac{301\times0.334}{3.05}=32.9$$

$$F_{xA}=-F_{xC}=-\frac{121.5A_1Ie}{L^2}$$

$$=-121.5\times0.6\times10.8=-787\text{kgf}$$

$$F_{yA}=-F_{yC}=\frac{121.5A_2Ie}{L^2}=121.5\times0.245\times10.8$$

$$=321\text{kgf}$$

$$M_{zA}=-\frac{121.5A_3Ie}{L}=-121.5\times0.102\times32.9$$

$$=-408\text{kgf}\cdot\text{m}$$

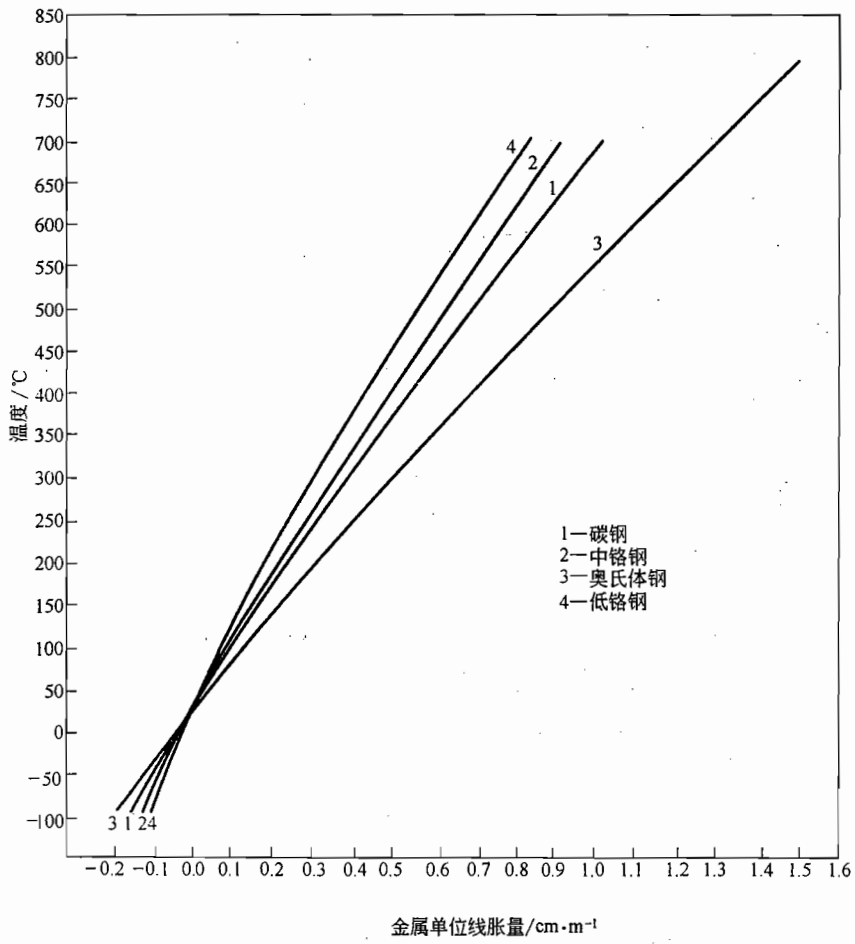


图 29-7 金属单位线膨胀量

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

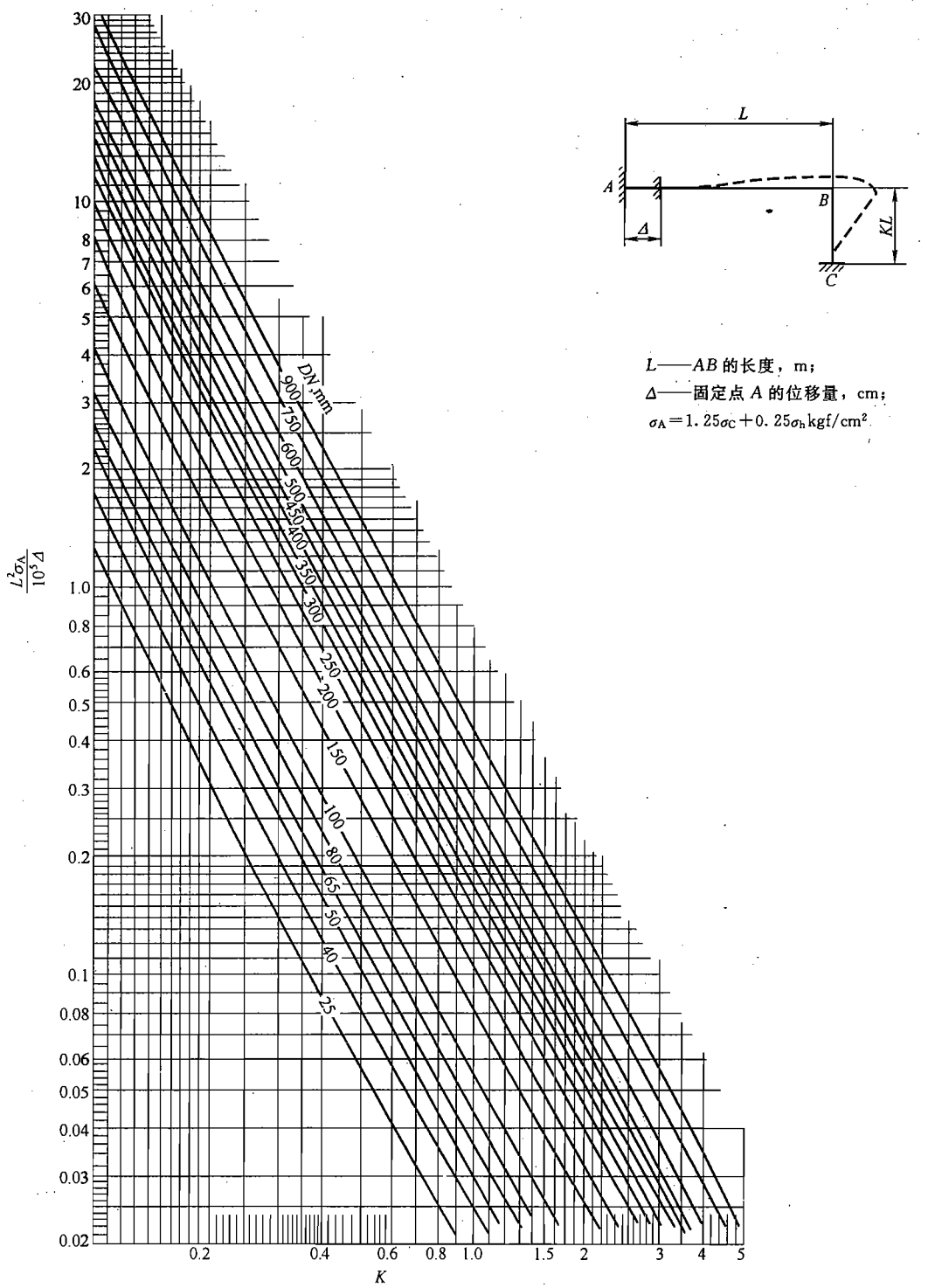


图 29-8 L形管系（两端固定，于一固定点有位移时）短臂长度的算图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$M_{zC}=-\frac{121.5A_4Ie}{L}=-121.5\times0.212\times32.9$$
$$=-847\text{kgf}\cdot\text{m}$$

ⅱ 两端固定的L形管系（一端有位移时）即当A点沿AB方向发生位移时，也即C点向左发生位移（这位移垂直于BC）时，可用图29-8和图29-5来求解。这种解法可用于固定点发生平行或垂直管系方向位移的情况。

例2 在图29-9中所示的配管，A点沿AB方向发生位移，$\Delta=5.06$cm，$AB=6.71$m，公称直径15cm，材质碳钢，惯性距$I=1690\text{cm}^4$，设计温度305℃，许用应力范围$\sigma_A=1265\text{kg/cm}^2$。

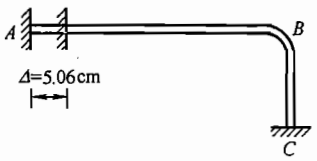
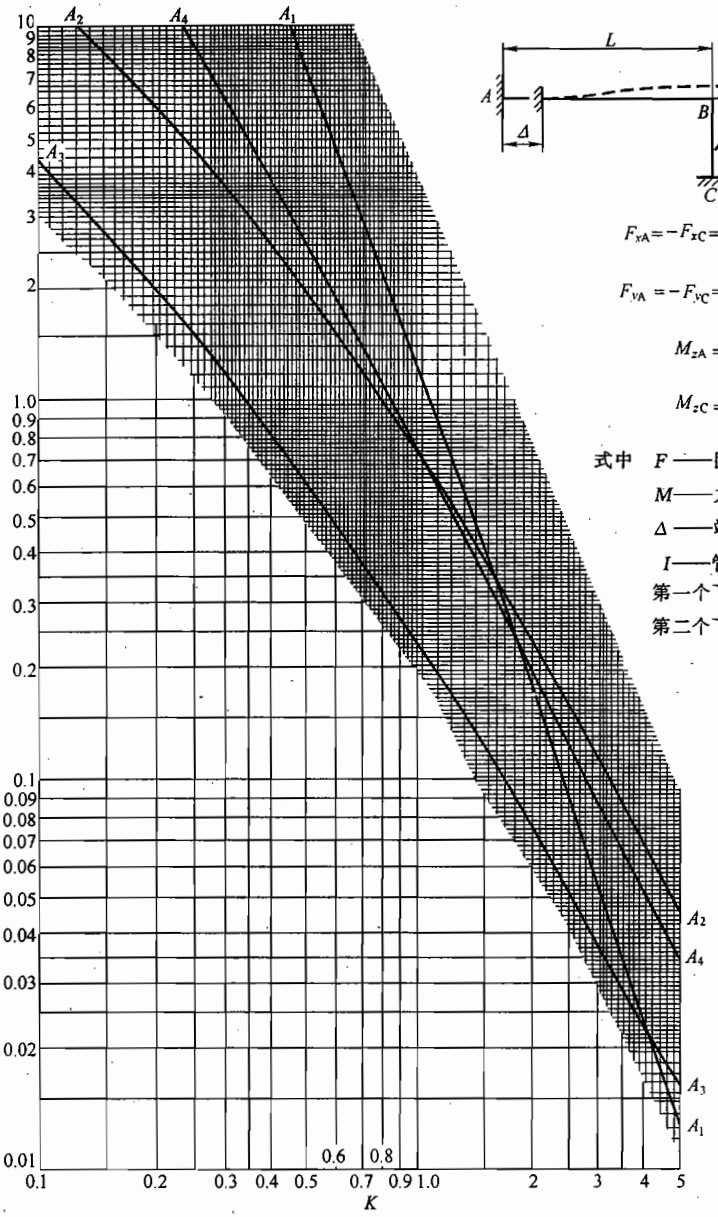
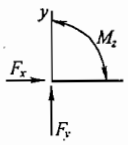


图29-9

求 ① 需要的BC段长度。

② 作用在A点和C点的力和力矩。





$$F_{xA}=-F_{xC}=\frac{-12.15I\Delta A_1}{L^3}$$

$$F_{yA}=-F_{yC}=\frac{+12.15I\Delta A_2}{L^3}$$

$$M_{zA}=\frac{+12.15I\Delta A_3}{L^2}$$

$$M_{zC}=\frac{-12.15I\Delta A_4}{L^2}$$

式中 F——固定点的力，kgf；

M——力矩，kg·m；

Δ——端点A在x轴向位移量；

I——管子的惯性矩，cm^4；

第一个下标表示力的方向；

第二个下标表示力的位置

图29-10 L形管系（两端固定，于一固定点有位移时）作用在固定点的力和力矩算图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

解 ① 由图 29-8 可查得

当 $\frac{L^2\sigma_A}{10^5\Delta}=\frac{6.71^2\times1265}{10^5\times5.08}=0.1121$ 时，公称直径 15cm 管子的 $K=0.8$，所以

$$BC=KL=0.8\times6.71=5.36\text{m}$$

② 由图 29-10，当 $K=0.8$ 时，可查得

$$A_1=2.30$$
$$A_2=1.03$$
$$A_3=0.345$$
$$A_4=1.12$$

$$\frac{12.15I\Delta}{L^3}=\frac{12.15\times1690\times5.06}{6.71^3}=344$$

$$\frac{12.15I\Delta}{L^2}=\frac{12.15\times1690\times5.06}{6.71^2}=2308$$

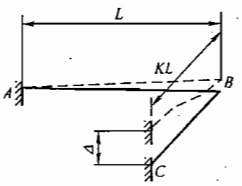
$$F_{xA}=-F_{xC}=-\frac{12.15I\Delta A_1}{L^3}$$
$$=-344\times2.30=-791\text{kgf}$$

$$F_{yA}=-F_{yC}=-\frac{12.15I\Delta A_2}{L^3}$$
$$=-344\times1.03=-354\text{kgf}$$

$$M_{xA}=\frac{12.15I\Delta A_3}{L^2}=2308\times0.345=796\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$M_{xC}=-\frac{12.15I\Delta A_4}{L^2}=-2308\times1.12$$
$$=-2585\text{kgf}\cdot\text{m}$$

ⅲ 两端固定的 L 形管系 一固定端垂直于管系平面发生位移时，可用图 29-11 和图 29-12 来求解。



L——AB 的长度，m；

Δ——与管系平面成直角方向的位移量，cm；

$\sigma_A=1.25\sigma_C+0.25\sigma_h\text{kgf/cm}^2$

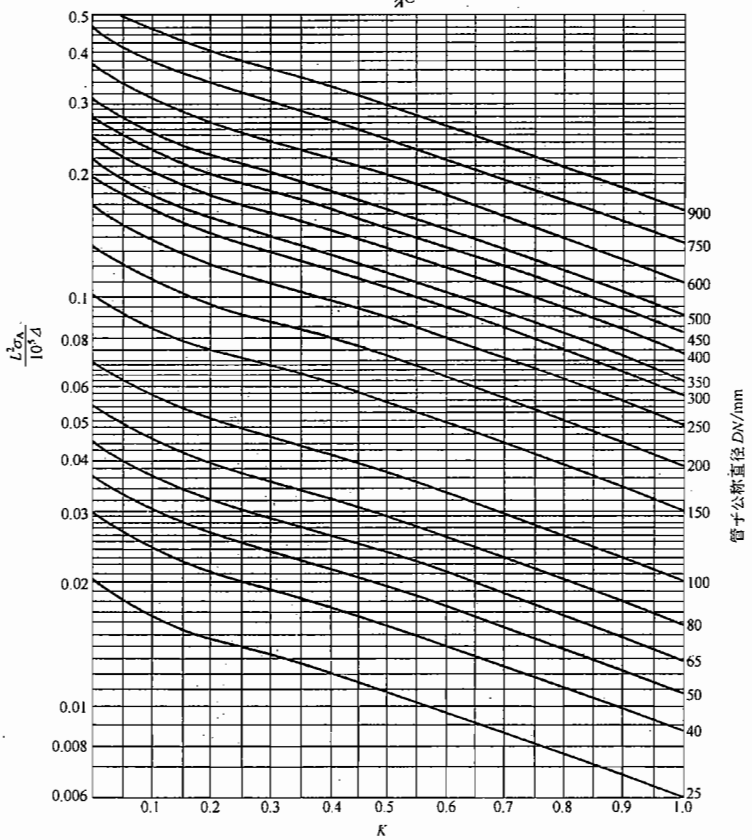
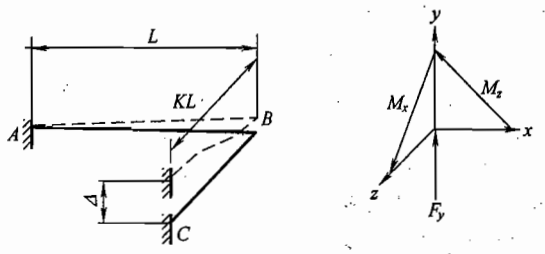
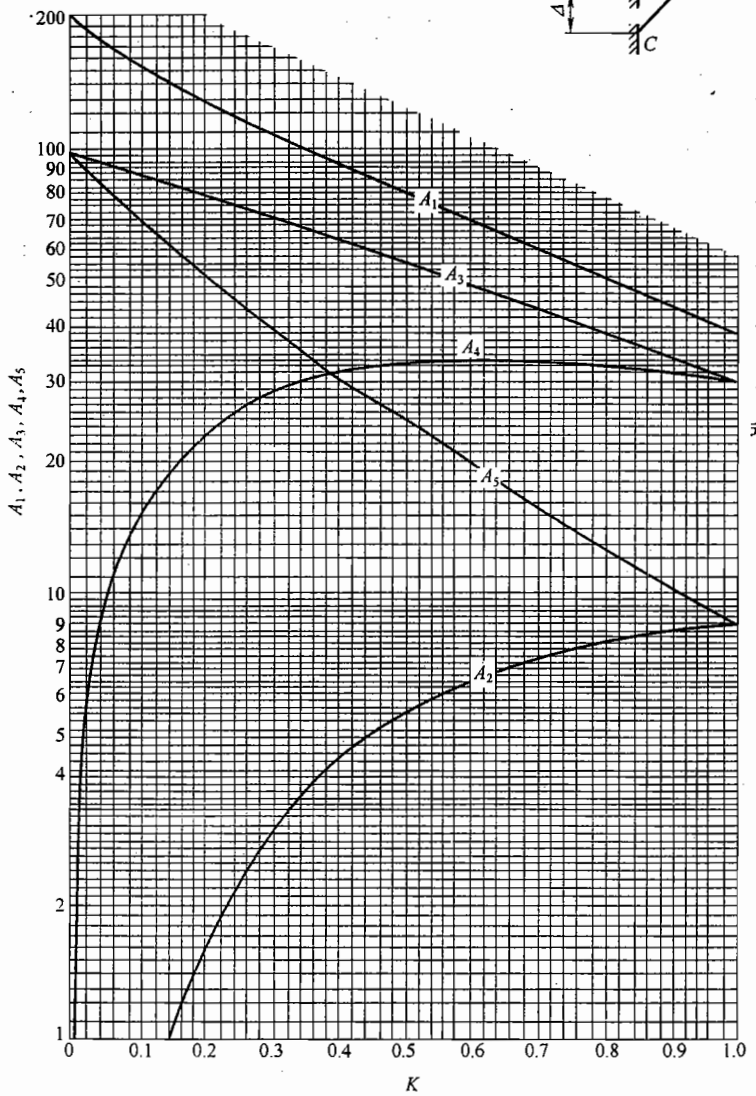


图 29-11 L 形管系（两端固定，与固定点成垂直方向上有位移时）短臂长度的算图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载





$$F_{yA}=-F_{yC}=+12.15\times10^{-2}\frac{I\Delta}{L^3}A_1$$

$$M_{xA}=-12.15\times10^{-2}\frac{I\Delta}{L^2}A_2$$

$$M_{zA}=+12.15\times10^{-2}\frac{I\Delta}{L}A_3$$

$$M_{xC}=-12.15\times10^{-2}\frac{I\Delta}{L^2}A_4$$

$$M_{zC}=+12.15\times10^{-2}\frac{\Delta I}{L^2}A_5$$

式中　F——力，kgf；

M——力矩，kgf·m；

I——管子的惯性矩，cm^4；

Δ——平面内的位移，cm；

第一个下标表示坐标；

第二个下标表示位置；

负号表示力或力矩作用在固定点的方向

图 29-12　L 形管系（两端固定，在 Y 向有位移时）固定点的力和力矩计算图

例 3　在图 29-13 所示的管系中，端点 C 垂直于管系平面的位移 2.54cm，公称直径 35cm，管材为碳钢，惯性矩 $I=15517cm^4$；$AB=4.57m$，许用应力范围 $\sigma_A=1835kg/cm^2$。

求　① 所需的 BC 段长度。

② 作用在 A 点和 C 点的力和力矩。

解　① 由图 29-11 查得

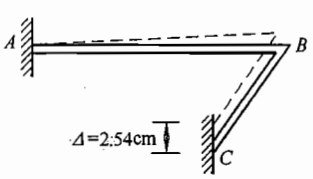


图 29-13

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

当$\frac{L^2\sigma_A}{10^5\Delta}=4.57^2\times\frac{1835}{10^5\times2.54}=0.15$时

公称直径35cm管子的$K=0.24$，所以

$$BC=KL=0.24\times4.57=1.10\text{m}$$

② 由图29-12，当$K=0.24$时，可查得

$A_1=115$　　$A_2=2.1$

$A_3=70.0$　　$A_4=24.5$　　$A_5=43$

$$\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta}{L^3}$$

$$=\frac{12.25\times10^{-2}\times15517\times2.54}{4.57^3}=50.1$$

$$\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta}{L^2}$$

$$=\frac{12.25\times10^{-2}\times15517\times2.54}{4.57^2}=230$$

$$F_{yA}=-F_{yC}$$

$$=-\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta A_1}{L^3}=-50.1\times115$$

$$=5760\text{kgf}$$

$$M_{xA}=-\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta A_2}{L^2}$$

$$=-230\times2.1=-482\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$M_{zA}=\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta A_3}{L^2}$$

$$=230\times70.0=16080\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$M_{xC}=-\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta A_4}{L^2}$$

$$=-230\times24.5=-5620\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$M_{zC}=\frac{12.15\times10^{-2}I\Delta A_5}{L^2}$$

$$=230\times43=9860\text{kgf}\cdot\text{m}$$

c. 导向悬臂法　导向悬臂法（又称简支梁法）的基本原理是将框架的解析应用于局部的解析方法，可用于任何形状的两端固定的管系，计算结果是偏安全的。使用时有以下假设。

ⅰ 管系由直管组成，只有两端固定，管系内管子的直径不变，壁厚相同，交角成直角。

ⅱ 所有的管段都与坐标轴平行。

ⅲ 管系每段的热膨胀由与此管段相垂直的管段吸收。

ⅳ 假定管段所能吸收的热膨胀量与其刚性成反比，由于管截面不变，所以管段吸收的热膨胀量与长度L的三次方成比例。

ⅴ 管系的一端固定，另一端为带导向支座的悬臂梁，管端在热膨胀时发生线位移，使管段稍有弯曲，但端部不允许发生角位移。简单的L形管系用导向悬臂法时的示意见图29-14。

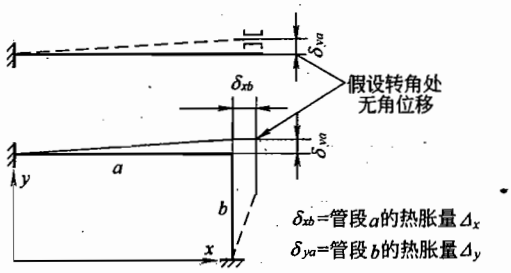


图29-14　平面管系带导向支座时的位移

根据上述假定ⅲ和ⅳ，可以求出管系在x方向的热膨胀吸收量，同理可得y、z方向的热膨胀吸收量。

$$\left.\begin{aligned}\delta_x&=\frac{L^3}{\sum L_y^3+\sum L_z^3}\Delta_x\\ \delta_y&=\frac{L^3}{\sum L_x^3+\sum L_z^3}\Delta_y\\ \delta_z&=\frac{L^3}{\sum L_x^3+\sum L_y^3}\Delta_z\end{aligned}\right\}\qquad(29\text{-}19)$$

式中　δ_x，δ_y，δ_z——分别为x、y、z方向的变形量，cm；

L——计算管段的长度，m；

Δ_x，Δ_y，Δ_z——分别为x、y、z方向管系的总热胀量，cm；

$\sum L_y^3+\sum L_z^3$，$\sum L_x^3+\sum L_z^3$，$\sum L_x^3+\sum L_y^3$——与计算管段方向垂直的所有管段长度的立方和。

由假设（ⅴ），图29-14所示的悬臂可写成

$$\delta=\frac{3331.6L^2\sigma_A}{EDN}\qquad(29\text{-}20)$$

式中　δ——允许变形量，cm；

σ_A——许用应力范围，kgf/cm²；

L——计算管段长度，m；

E——弹性模数，kgf/cm²；

DN——管子公称直径，cm。

为了便于计算，按$E=2.04\times10^6$kgf/cm²绘制成线算图（见图29-14）。计算时，先由式（29-19）算出δ_x、δ_y、δ_z；由图29-14求出每管段的δ值。若δ_x、δ_y、δ_z都小于求得的δ值，表示整个管系有足够的挠性。$\delta>\delta_{max}$（δ_{max}是δ_x、δ_y、δ_z中的最大值）管系是安全的。计算时，考虑到由于计算管段邻近管段的微量角位移减少了作用在弯头的力矩，要用系数f进行修正（f值由图29-16根据管段的位置和邻近管段的长度比查得）。若修正后的位移量$f\delta$大于δ_{max}，此管系是安全的。

$\delta_{max}/f\delta$是实际应力与许用应力的比值，因此可写成

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

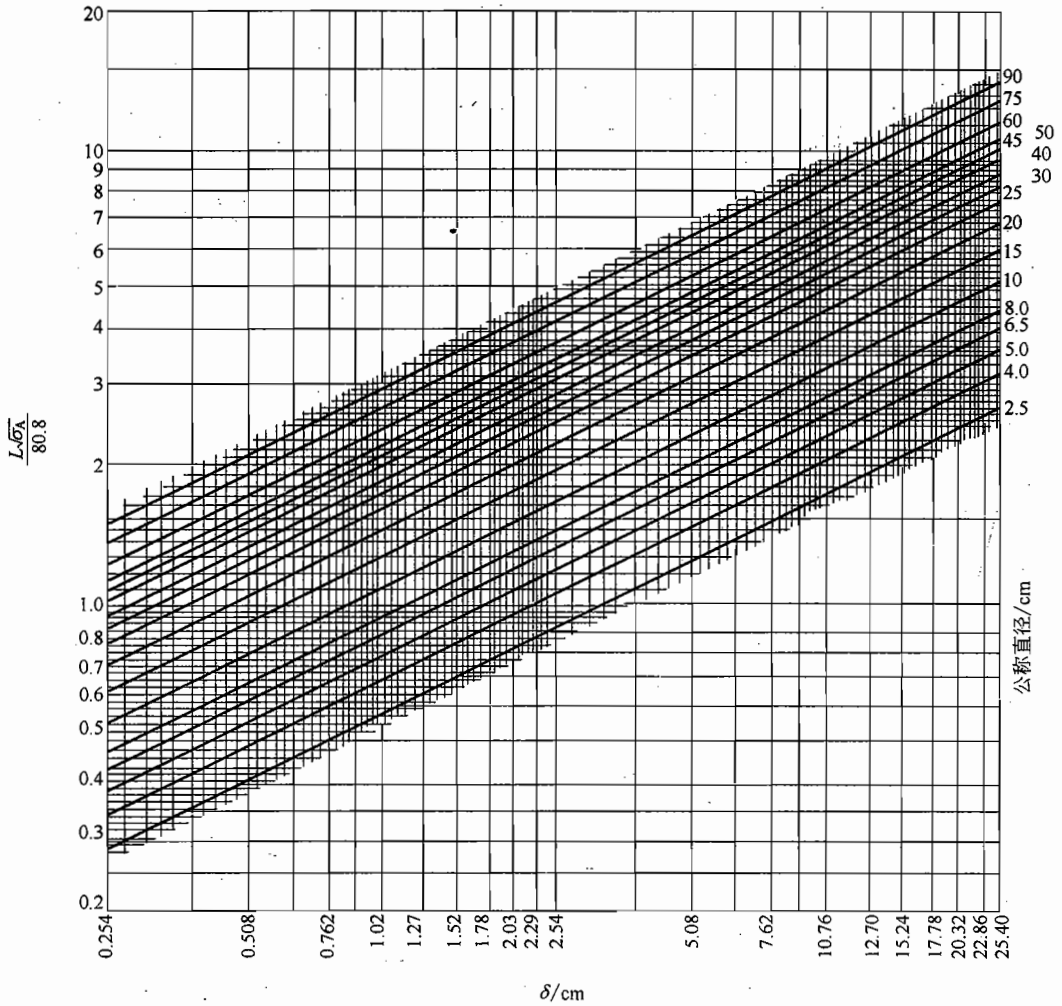


图 29-15 导向悬臂计算图

注：L——管长，m；δ——横向位移，cm；$\sigma_A = 1.25\sigma_c + 0.25\sigma_h$ kgf/cm²

$$\sigma_E = \frac{\delta_{max}}{f\delta}\sigma_A \tag{29-21}$$

式中 σ_E——计算热应力，kgf/cm²；

σ_A——许用应力范围，kgf/cm²；

δ——由图 29-15 查得的允许位移量，cm；

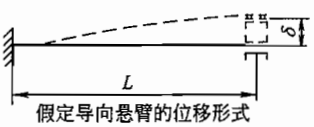
f——由图 29-16 查得的修正值。

计算力矩

$$M_b = \frac{\sigma_E W}{100} \tag{29-22}$$

式中 M_b——最大力矩，kgf·m；

W——断面模数，cm³。



假定导向悬臂的位移形式

d. 弹性中心法　这方法是在 1943 年由威廉·威尔伯和斯贝尔伏吉尔（Willliam E. Wilber，S. W. Spilvogel）等发表的。计算比较简单，实用性强，是一种很好的方法，因此被广泛地应用于工程设计。虽然随着电子计算机的发展，目前在工程上对复杂的管系进行详细的精确的计算已不是一项繁重的工作，但是弹性中心法对无支管两端固定的管系进行应力分析仍有其实用意义，这里不详述，论述可参见《石油化工管线设计》一书。

③ 详细分析法是指基于一般结构力学及弹性理论的基础，假定金属服从虎克定律，并认为挠曲比管子横断面的尺寸小，根据弯曲梁弹性形变的卡斯蒂里诺定理导出求变位和旋转的方程式，根据固定点数建立联合方程求出各固定点的力和力矩，计算管系各点的应力。要详细分析只有依靠现代电子计算机来完成，目前常用的管道应力分析软件有下列四种。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

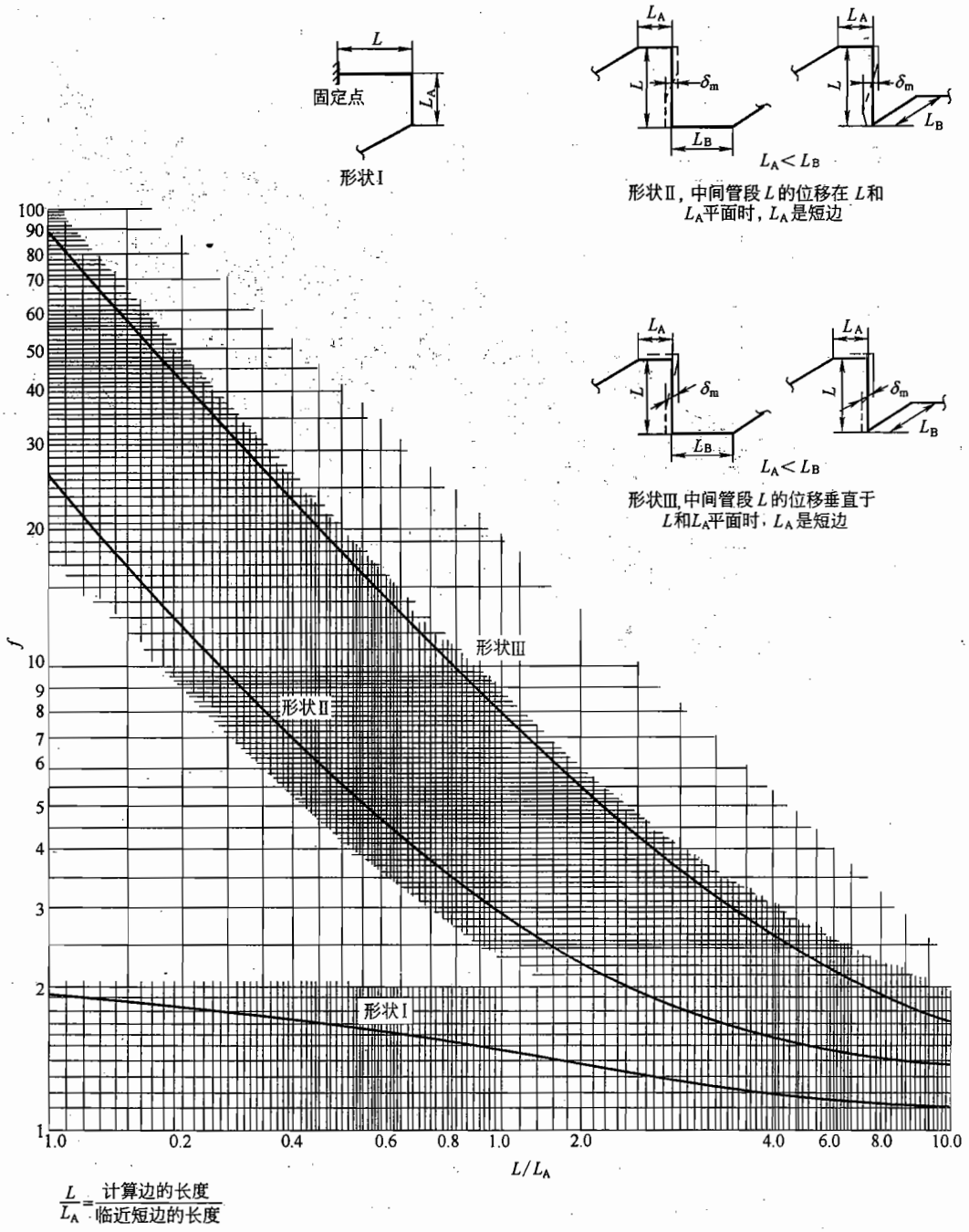


图 29-16 导向悬臂法的修正系数 f

a. 等值刚度法计算程序 该程序由电力系统开发，可计算管道内压、自重、热膨胀、端点位移等荷载所产生的应力和各点位移，还可自动选择弹簧支架。但该程序存在功能差、人机界面差、输出结果不明晰等缺点，现已被淘汰。

b. SAP5 程序 SAP5 是由国外引进的大型结构线弹性计算通用程序，可用于各种结构的计算。因为其中有管单元，也可用于管道的静力分析和动力分析。可计算管道由内压、自重、热膨胀、端点位移等荷载所产生的应力和位移，还可计算管道的自振频率和对管系进行动力分析。

c. 石油化工非埋地管道抗震设计与鉴定程序

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(PBAA) 该程序是石化总公司北京设计院与石油天然气总公司施工技术研究所合作编制的，其计算功能与SAP5程序基本相同，数据输入比较方便，并可直接输出管道的应力、位移和内力等数据。该程序是为管道抗地震而编制的，除可进行管道的抗地震验算外，也可进行管道静力分析。

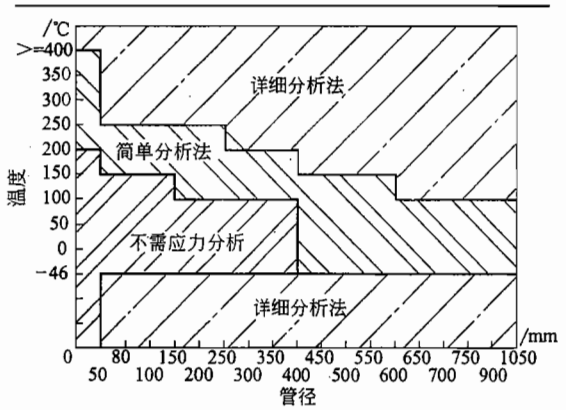
d. CAESAR管道应力分析程序 该程序由美国COADE公司编制，石化系统有许多单位引进了这个程序。该程序是进行管道静力分析和动力分析的专用程序，功能相当齐全，并可在微机上运算。该程序除具有上述三个程序的功能外，还可考虑管道的非线性约束，例如管道与支架之间的摩擦力、限位支架的间隙等。可计算有波形补偿器的管道，计算管道与设备连接的管嘴柔性和设备管嘴处的局部应力，可把管架与管道作为一个整体进行应力分析和对法兰连接进行泄漏的分析验算等。目前此程序已成为石油化工压力管道应力分析的首选程序。

管系热应力分析结果应包括：各点的位移和转角(应小于所要控制数值)；各约束点的力和力矩；各节点的应力；二次应力最大值的节点、应力值和许用应力范围值；以及弹簧参数。

4.3 管系应力分析方法的选择

对于一般的管道，根据温度和管道直径的不同，可采用不同的分析方法，详见表29-1。

表29-1 管道应力分析方法



除表29-1中包括的管线以外，下列管线必须用详细分析法分析。

a. 与泵相连接的进出口管线，$150>DN\geqslant 80$且设计温度大于等于100℃或$DN>150$。

b. 与离心式压缩机相连接的进出口管线。

c. 与往复式压缩机相连接的进出口管线。

d. 与汽轮机相连接的进出口管线。

e. 与加热炉对流段或辐射段相连接的进出口管线。

f. 与空冷器相连接的进出口管线。

g. 与铝制热交换器(冷箱)相连接的进出口管线。

h. 与板式换热器相连接的进出口管线。

i. 带有金属膨胀节的管线。

j. 热循环大于7000次的管线。

k. 管径大于等于80的夹套管线。

l. 与高温反应器或塔顶相连接的管线。

m. 火炬气总管。

另外，下列管线如果不需详细分析，管道设计者在设置支架时应特别予以注意，最好与应力分析者协商后确定。

a. 两相流管线。

b. 与有沉降的设备相连接的管线。

5 管系安全性的评定

5.1 管系内应力的评定

根据GB 50316—2000《工业金属管道设计规范》规定：管道中由于压力、重力和其他持续载荷所产生的轴向应力之和σ_L，不应超过管道材料在设计温度下的许用应力$[\sigma]_h$；管道内由热膨胀、设备端点位移产生的最大位移应力范围σ_E不应超过许用的位移应力范围$[\sigma]_A$。其中$[\sigma]_A=f[1.25([\sigma]_c+[\sigma]_h)-\sigma_L]$，考虑到$\sigma_L\leqslant[\sigma]_h$，上式可简化为

$$[\sigma]_A=f(1.25[\sigma]_c+0.25[\sigma]_h) \qquad (29\text{-}23)$$

式中 $[\sigma]_c$——在分析中的位移循环内，金属材料在冷态(预计最低温度)下的许用应力，MPa；

$[\sigma]_h$——在分析中的位移循环内，金属材料在热态(预计最高温度)下的许用应力，MPa；

σ_L——管道中由于压力、重力和其他持续载荷所产生的轴向应力之和，MPa；

σ_E——管道内由热膨胀、设备端点位移产生的最大位移应力范围，MPa；

$[\sigma]_A$——许用的位移应力范围，MPa；

f——管道位移应力范围减少系数，由表29-2确定。

表29-2 管道位移应力范围减少系数

循环当量数N	系数f
$N\leqslant 7000$	1.0
$7000<N\leqslant 14000$	0.9
$14000<N\leqslant 22000$	0.8
$22000<N\leqslant 45000$	0.7
$45000<N\leqslant 100000$	0.6
$100000<N\leqslant 200000$	0.5
$200000<N\leqslant 700000$	0.4
$700000<N\leqslant 2000000$	0.3

管道在工作状态下，受到内压、自重、其他持续

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

载荷和偶发载荷所产生的轴向应力之和，应符合下式规定，且式中应力增强因子 i 的 0.75 倍不得小于 1。

$$\frac{PD_i^2}{D_o^2-D_i^2}+0.75i\frac{M_A}{W}+0.75i\frac{M_B}{W}\leqslant K_T[\sigma]_h \tag{29-24}$$

对于 A1 类流体以外的钢制管道，由于风或地震引起的轴向应力之和超过上式规定时，K_T 许可提高至 1.33。风载和地震载荷不需要考虑同时发生。

式中 K_T——许用应力系数，当连续运行任何 24h 内，偶然荷载作用时间少于 10%时，$K_T=1.15$；时间少于 1%时，$K_T=1.2$；

M_A——由于自重和其他持续载荷作用在管道横截面上的合成力矩，N·mm；

M_B——由安全阀或释放阀的反座推力、管道内流量和压力的瞬时变化、风力或地震等产生的偶然荷载作用于管道横截面上的合成力矩，N·mm；

W——截面系数，mm^3；

i——应力增大系数；

P——设计压力，MPa；

D_i——管子或管件的内径，mm；

D_o——管子或管件的外径，mm。

5.2 设备管口荷载的评定

管道的应力分析除要保证管道内的应力符合第 5.1 节中的应力规定以外，还应使管道对设备管口的反力小于设备管口的许用值，以保证设备能够顺利运行。设备管口的许用荷载一般由制造商提出，当制造商无数据时，可按下列规定进行评定。

(1) 容器和热交换器上的管口许用载荷

压力容器（如塔、储罐、换热器和反应器）上的管口载荷原则上应提交给设备专业，由设备专业用 WRC107 或其他局部应力分析软件对管口的应力进行校核。但是实际上设备专业不可能对每一个管口都进行校核，而是通常用一个较为保守的经验值作为压力容器上管口的许用载荷。当实际计算的管口载荷小于此经验值时，可认为管口是安全的。通常，各个大型的工程公司均有自己相应的经验值或经验公式。本书推荐一个目前在国际上大型工程公司中较为流行的经验公式，供大家参考。详见表 29-3。

表 29-3 压力容器和热交换器管口的许用载荷

项　目	管口位于筒体侧	管口位于封头侧
轴向拉伸或压缩力 P/kN	$2bD$	$2bD$
轴向剪切力 V_L/kN	$2bD$	
周向剪切力 V_C/kN	$1.5bD$	
合成剪切力 V_R/kN	$2.5bD$	$2.5bD$
扭矩 M_T/kN·m	$0.15bD^2$	$0.15bD^2$
轴向弯矩 M_L/kN·m	$0.13bD^2$	
周向弯矩 M_C/kN·m	$0.1bD^2$	
合成弯矩 M_R/kN·m	$0.164bD^2$	$0.164bD^2$

注：b 值按表 29-4 选取。D 为管道的公称直径，in。

表 29-4 b 值

法兰等级	容　器	热交换器
150#	0.6	0.75
300#	0.7	0.75
600#	0.8	1.25
900#	1.8	3
1500#	3	4
2500#	3.3	5.6

表 29-3 中各许用力和许用力矩方向见图 29-17。

其中：

$$V_R=\sqrt{V_L^2+V_C^2},\quad M_R=\sqrt{M_L^2+M_C^2} \tag{29-25}$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 离心泵管口的许用载荷

大型化工装置中，最常用泵的形式一般有 API 泵和 ISO 泵，两者有不同的管口许用载荷值。用于 API 泵，其管口的许用载荷应符合 API 610 规定，详见表 29-5。

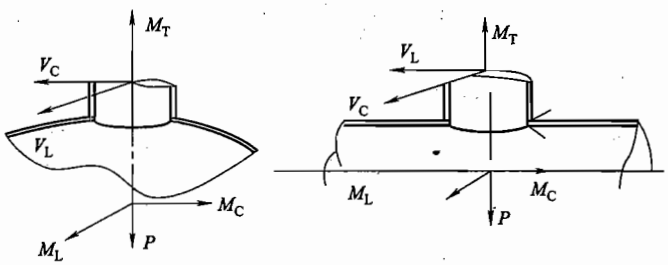


图 29-17 设备管口各许用力和许用力矩的方向

表 29-5 API 610 泵的管口载荷

力/力矩/[N/(N·m)]	管口法兰的名义口径/in								
	2	3	4	6	8	10	12	14	16
每个顶部管口									
F_x	710	1070	1420	2490	3780	5340	6670	7120	8450
F_y	580	890	1160	2050	3110	4450	5340	5780	6670
F_z	890	1330	1780	3110	4890	6670	8000	8900	10230
F_R	1280	1930	2560	4480	6920	9630	11700	12780	14850
每个侧面管口									
F_x	710	1070	1420	2490	3780	5340	6670	7120	8450
F_y	890	1330	1780	3110	4890	6670	8000	8900	10230
F_z	580	890	1160	2050	3110	4450	5340	5780	6670
F_R	1280	1930	2560	4480	6920	9630	11700	12780	14850
每个端部管口									
F_x	890	1330	1780	3110	4890	6670	8000	8900	10230
F_y	710	1070	1420	2490	3780	5340	6670	7120	8450
F_z	580	890	1160	2050	3110	4450	5340	5780	6670
F_R	1280	1930	2560	4480	6920	9630	11700	12780	14850
每个管口									
M_x	460	950	1330	2300	3530	5020	6100	6370	7320
M_y	230	470	680	1180	1760	2440	2980	3120	3660
M_z	350	720	1000	1760	2580	3800	4610	4750	5420
M_R	620	1280	1800	3130	4710	6750	8210	8540	9820

如果实际计算的管口载荷小于上表中的许用载荷值，则认为泵的管口是安全的。如果实际计算的管口载荷大于上表中的许用载荷值而在两倍的许用载荷以内，对于重型泵，可按 API 附录 F 提供的公式对泵的进出口进行校核，如果校核通过，仍可认为该泵是安全的。

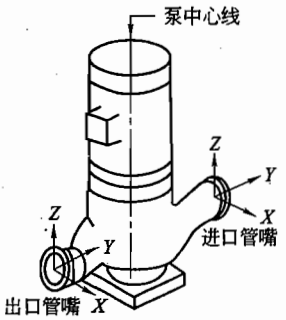
泵的力和力矩坐标图见图 29-18。

对于 ISO 泵，其管口的许用载荷应符合表29-6。

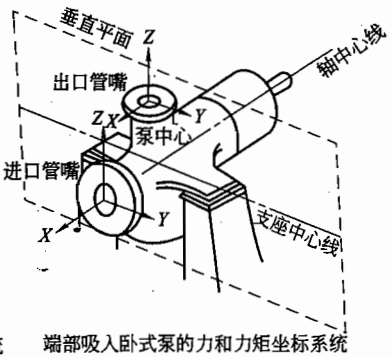
(3) 离心式压缩机管口的许用载荷

离心式压缩机进出口的许用载荷应符合 API 617 规定。见图 29-19。

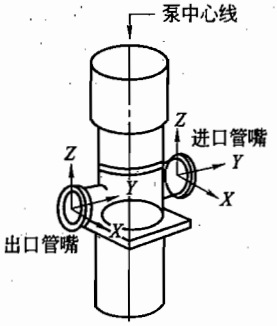
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



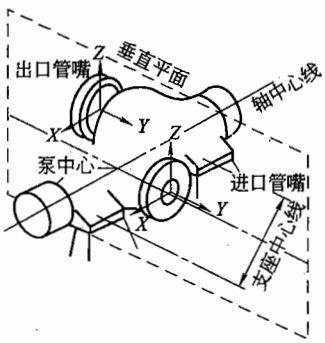
立式管道泵的力和力矩坐标系统



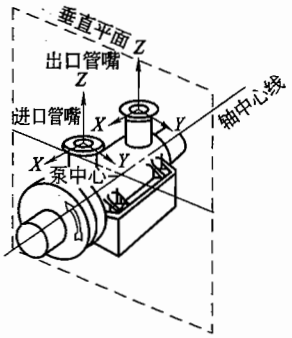
端部吸入卧式泵的力和力矩坐标系统



立式筒袋泵的力和力矩坐标系统



侧部吸入卧式泵的力和力矩坐标系统



顶部吸入卧式泵的力和力矩坐标系统

图 29-18 泵的力和力矩坐标图

表 29-6 ISO 5199 泵的管口许用载荷

力/力矩/[N/(N·m)]	管口法兰的名义口径/in								
	2	3	4	6	8	10	12	14	16
每个顶部管口									
F_x	1500	2250	3000	4500	6000	7450	8950	10450	11950
F_y	1350	2050	2700	4050	5400	6750	8050	9400	10750
F_z	1650	2500	3350	5000	6700	8350	10000	11650	13300
F_R	2600	3950	5250	7850	10450	13050	15650	18250	20850
每个侧面管口									
F_x	1500	2250	3000	4500	6000	7450	8950	10450	11950
F_y	1650	2500	3350	5000	6700	8350	10000	11650	13300
F_z	1350	2050	2700	4050	5400	6750	8050	9400	10750
F_R	2600	3950	5250	7850	10450	13050	15650	18250	20850
每个端部管口									
F_x	1650	2500	3350	5000	6700	8350	10000	11650	13300
F_y	1500	2250	3000	4500	6000	7450	8950	10450	11950
F_z	1350	2050	2700	4050	5400	6750	8050	9400	10750
F_R	2600	3950	5250	7850	10450	13050	15650	18250	20850
每个管口									
M_x	1400	1600	1750	2500	3250	4450	6050	7750	9700
M_y	1000	1150	1250	1750	2300	3150	4300	5500	6900
M_z	1150	1300	1450	2050	2650	3650	4950	6350	7950
M_R	2050	2350	2600	3650	4800	6550	8900	11400	14300

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

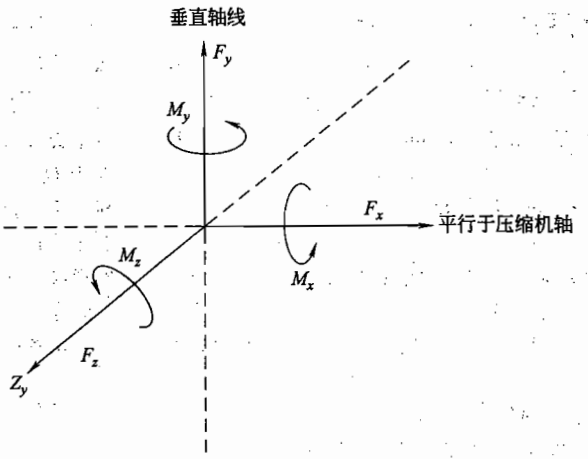


图 29-19 离心式或轴流式压缩机管嘴的坐标示意图

作用在压缩机任一接管口上的合力和合力矩应满足下式：

$$F_R + 1.09M_R \leqslant 54.1D_e \quad (29\text{-}26)$$

式中 F_R——作用在管口上的合力，N；

$$F_R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (29\text{-}27)$$

M_R——作用在管口上的合力矩，N·m；

$$M_R = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad (29\text{-}28)$$

D_e——接管口的当量计算直径，mm；

对于 $D > 200$mm，$D_e = (400 + D)/3$；

对于 $D \leqslant 200$mm，$D_e = D$；　(29-29)

D——接管口直径。

在进口、抽加气口和出口最大的连接法兰中心处的合力和合力矩的各个分量应满足下式：

$$F_{cx} \leqslant 16.1D_c \qquad M_{cx} \leqslant 24.6D_c$$
$$F_{cy} \leqslant 40.5D_c \qquad M_{cy} \leqslant 12.3D_c \quad (29\text{-}30)$$
$$F_{cz} \leqslant 32.4D_c \qquad M_{cz} \leqslant 12.3D_c$$

式中 F_{cx}——与压缩机轴平行的水平合力分量，N；

F_{cy}——垂直方向的合力分量，N；

F_{cz}——与压缩机轴垂直的水平合力分量，N；

M_{cx}——围绕压缩机轴平行的水平轴线的合力矩分量，N·m；

M_{cy}——围绕垂直轴线的合力矩分量，N·m；

M_{cz}——围绕压缩机轴垂直的水平轴线的合力矩分量，N·m。

在进口、抽加气口和出口最大的连接法兰中心处的合力和合力矩应满足下式：

$$F_c + 1.64M_c \leqslant 40.4D_c \quad (29\text{-}31)$$

式中 F_c——压缩机各个管口总的合力，N；

$$F_c = \sqrt{F_{cx}^2 + F_{cy}^2 + F_{cz}^2} \quad (29\text{-}32)$$

M_c——压缩机各个管口总的合力矩，N·m；

$$M_c = \sqrt{M_{cx}^2 + M_{cy}^2 + M_{cz}^2} \quad (29\text{-}33)$$

D_c——各个管口总面积的当量计算直径，mm；

对于 $D_e > 230$mm，$D_c = (460 + D_r)/3$；

对于 $D_e \leqslant 230$mm，$D_c = D_r$；　(29-34)

D_r——各个管口总面积的当量直径，mm。

(4) 往复式压缩机管口的许用载荷

对于往复式压缩机（包括往复泵）来说，规范API 618没有特别强调管口的许用载荷，因此在做管道柔性分析时不需加以特别考虑。实际上对于往复式压缩机（往复泵），对由往复载荷产生的振动进行控制是最重要的，这就需要管系具有尽量大的刚性。目前，有关往复式压缩机进出口管线的振动分析一般均由压缩机厂方完成，因此，建议在进行压缩机进出口管线的走向设计时应多与压缩机厂方联系，使管系在满足柔性分析的基础上有尽量大的刚性。

(5) 蒸汽轮机管口的许用载荷

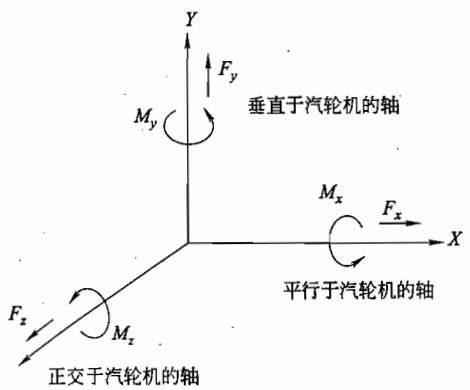


图 29-20 汽轮机坐标示意图

作用在蒸汽轮机管口上的合力和合力矩应满足标准NEMA SM23，详见下式。示意图见图29-20。作用在蒸汽轮机任一接管口上的合力和合力矩应满足下式：

$$F_R + 1.09M_R \leqslant 29.8D_e \quad (29\text{-}35)$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

式中 F_R——作用在管口上的合力，N；

$$F_R=\sqrt{F_x^2+F_y^2+F_z^2} \tag{29-36}$$

M_R——作用在管口上的合力矩，N·m；

$$M_R=\sqrt{M_x^2+M_y^2+M_z^2} \tag{29-37}$$

D_e——接管口的当量计算直径，mm；

对于 $D>200$mm，$D_e=(400+D)/3$；

对于 $D\leqslant 200$mm，$D_e=D$； (29-38)

D——接管口直径，mm。

在进口、抽加气口和出口最大的连接法兰中心处的合力和合力矩的各个分量应满足下式：

$$\begin{aligned} F_{cx}&\leqslant 8.93D_c & M_{cx}&\leqslant 13.58D_c\\ F_{cy}&\leqslant 22.33D_c & M_{cy}&\leqslant 6.79D_c\\ F_{cz}&\leqslant 17.86D_c & M_{cz}&\leqslant 6.79D_c \end{aligned} \tag{29-39}$$

式中 F_{cx}——与蒸汽轮机轴平行的水平合力分量，N；

F_{cy}——垂直方向的合力分量，N；

F_{cz}——与蒸汽轮机轴垂直的水平合力分量，N；

M_{cx}——围绕蒸汽轮机轴平行的水平轴线的合力矩分量，N·m；

M_{cy}——围绕垂直轴线的合力矩分量，N·m；

M_{cz}——围绕蒸汽轮机轴垂直的水平轴线的合力矩分量，N·m。

在进口、抽加气口和出口最大的连接法兰中心处的合力和合力矩应满足下式：

$$F_c+1.64M_c\leqslant 22.32D_c \tag{29-40}$$

式中 F_c——蒸汽轮机各个管口总的合力，N；

$$F_c=\sqrt{F_{cx}^2+F_{cy}^2+F_{cz}^2} \tag{29-41}$$

M_c——蒸汽轮机各个管口总的合力矩，N·m；

$$M_c=\sqrt{M_{cx}^2+M_{cy}^2+M_{cz}^2} \tag{29-42}$$

D_c——各个管口总面积的当量计算直径，mm；

对于 $D_e>230$mm，$D_c=(460+D_r)/3$；

对于 $D_e\leqslant 230$mm，$D_e=D_r$； (29-43)

D_r——各个管口总面积的当量直径，mm。

(6) 空冷器管口的许用载荷

空冷器管口的许用载荷应符合 API 661 的规定，详见表 29-7。坐标示意图见图 29-21。

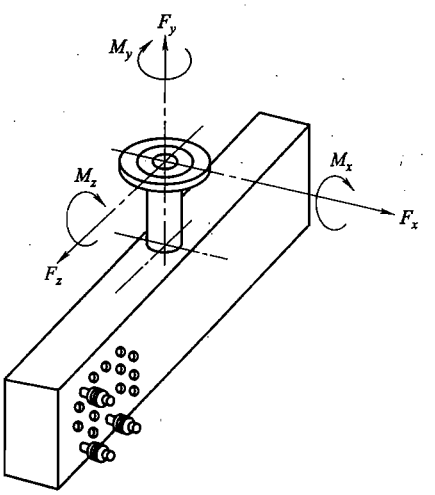


图 29-21 空冷器集箱坐标示意图

表 29-7 空冷器的管口许用载荷

管口名义直径 /in	F_x /N	F_y /N	F_z /N	M_x /N·m	M_y /N·m	M_z /N·m
1.5	670	1020	670	110	150	110
2	1020	1330	1020	150	240	150
3	2000	1690	2000	410	610	410
4	3340	2670	3340	810	1220	810
6	4000	5030	5030	2140	3050	1630
8	5690	13340	8010	3050	6100	2240
10	6670	13340	10010	4070	6100	2550
12	8360	13340	13340	5080	6100	3050
14	10010	16680	16680	6100	7120	3570

每个集箱上各个管嘴载荷的总和不应超过下列数值：

$$F_x\leqslant 10033\text{N},\ F_y\leqslant 20065\text{N},\ F_z\leqslant 16221\text{N};$$

$$M_x\leqslant 6118\text{N}\cdot\text{m},\ M_y\leqslant 8157\text{N}\cdot\text{m},\ M_z\leqslant 4078\text{N}\cdot\text{m} \tag{29-44}$$

(7) 加热炉管口的许用载荷

加热炉管口的许用载荷应符合 API 560 的规定，详见表 29-8。加热炉管嘴受力和力矩坐标示意图见图 29-22。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

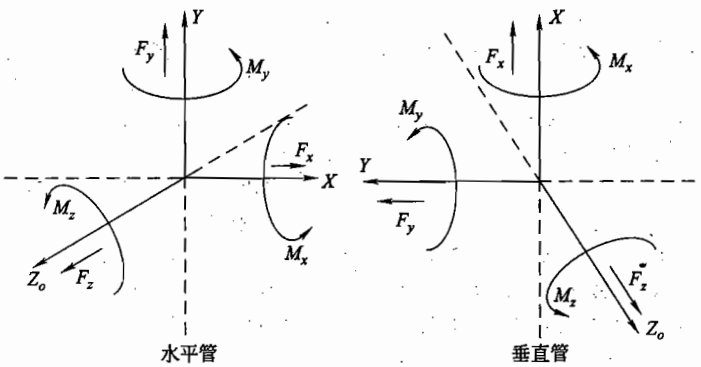


图 29-22 加热炉管嘴受力和力矩坐标示意图

表 29-8 加热炉的管口许用载荷

管口名义直径 /in	F_x /N	F_y /N	F_z /N	M_x /N·m	M_y /N·m	M_z /N·m
2	445	890	890	475	339	339
3	667	1334	1334	610	475	475
4	890	1779	1779	813	610	610
5	1001	2002	2002	895	678	678
6	1112	2224	2224	990	746	746
8	1334	2669	2669	1166	881	881
10	1557	2891	2891	1261	949	949
12	1779	3114	3114	1356	1017	1017

许用的位移量

项 目	水平管			垂直管		
	Δx /mm	Δy /mm	Δz /mm	Δx /mm	Δy /mm	Δz /mm
辐射段	0	25	25	0	25	25
对流段	0	13	13	—	—	—

6 管系应力分析的调整

6.1 调整支吊架

当管系经过应力分析后，发现整个管系或局部柔性不足，产生应力过大，或对设备和固定点的推力超过许用值时，首先应考虑改变支吊架的位置和型式，通过增加限位支架或弹簧支架来改变管系的应力分布。

6.2 增加自然补偿

当管系的柔性很差，通过调整支吊架型式已经无法使管系达到足够的柔性时，应考虑改变管道走向，增加管道自然补偿的能力。

6.3 增设柔性补偿装置

① 管道布置时应尽量利用弯管及Ⅱ形弯等自然补偿的方法来达到增强柔性的目的，只有当下列情况之一时才设置补偿器。

a. 两设备间距较小。

b. 为减少管系的压降，在工艺过程中可能经济合理。

c. 由于管系的作用力太大。

d. 需要减振时。

e. 低压大直径管道。

f. 不均匀沉降的设备管道。

g. 旋转设备供水供气和供油的管道。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 补偿器的选用。

a. 根据管系的特点，选择合适结构型式的补偿器。

b. 根据各种补偿器的性能特点和制造厂的要求，选用合理管架型式进行正确的设置。

6.4 冷紧

冷紧是指在冷态安装时，使管道产生一个初位移和初应力的一种方法。如果热胀产生的初应力较大时，在运行初期，初始应力超过材料的屈服强度而发生塑性变形，或在高温持续作用下，管道上产生应力松弛或发生蠕变现象，在管道重新回到冷态时，则产生反方向的应力，称此现象为自冷紧。

冷紧的目的是将管道的热应变一部分集中在冷态，从而降低管道在热态下的热胀应力和对端点的推力和力矩，也可防止法兰连接处弯矩过大而发生泄漏。但冷紧不改变热胀应力范围。

① 冷紧比为冷紧值与全补偿量的比值。对于材料在蠕变温度下工作的管道，冷紧比宜取为0.7。对于材料在非蠕变温度下工作的管道，冷紧比宜取为0.5。

② 与敏感设备相连的管道不宜采用冷紧安装方法。

7 其他

7.1 金属直管的壁厚确定

(1) 内压直管

根据SH 3059—2001《石油化工企业管道设计器材选用通则》确定其壁厚。

① 当 $S_o<D_o/6$ 时，直管理论壁厚为

$$S_o=\frac{PD_o}{2[\sigma]^t\phi+2PY} \tag{29-45}$$

直管的选用壁厚为

$$S=S_o+C \tag{29-46}$$

式中 S_o——直管理论壁厚，mm；

P——设计压力，MPa；

D_o——直管外径，mm；

$[\sigma]^t$——设计温度下直管材料的许用应力，MPa；

ϕ——焊缝系数，对无缝钢管，$\phi=1$；

S——包括附加余量在内的直管壁厚，mm；

C——直管壁厚的附加余量，mm；

Y——温度对计算管子壁厚公式的修正系数，应按表29-9取值。

② 当 $S_o\geqslant D_o/6$ 或 $P/[\sigma]^t>0.385$ 时，直管壁厚应根据断裂理论、疲劳、热应力及材料特性等因素综合考虑确定。

(2) 外压直管的壁厚

应根据GB 150—1998《钢制压力容器》规定的方法确定。

7.2 管道跨距

(1) 水平管道

一般连续敷设的管道允许跨距 L 应按三跨连续梁承受均布荷载时的刚度条件计算，按强度条件校核，取 L_1 和 L_2 两者之间的较小值。

① 刚度条件

$$\begin{aligned}L_1&=0.039\sqrt[4]{\frac{E_tI}{q}}\quad\text{(装置内)}\\L_1'&=0.048\sqrt[4]{\frac{E_tI}{q}}\quad\text{(装置外)}\end{aligned} \tag{29-47}$$

式中 L_1，L_1'——装置内（外）由刚度条件决定的跨距，m；

E_t——管材在设计温度下的弱性模数，MPa；

I——管子扣除腐蚀余量及负偏差后的断面惯性矩，mm^4；

q——每米管道的质量，N/m。

② 强度条件

$$\begin{aligned}L_2&=0.1\sqrt{\frac{[\sigma]^tW}{q}}\quad\text{(不考虑内压)}\\L_2'&=0.071\sqrt{\frac{[\sigma]^tW}{q}}\quad\text{(考虑内压)}\end{aligned} \tag{29-48}$$

式中 $[\sigma]^t$——管材在设计温度下的许用应力，MPa；

W——管子扣除腐蚀余量及负偏差后的抗弯断面模数，mm^3。

各种管道允许最大跨距详见本书第4篇第26章表26-20。

(2) 垂直管道

为了约束由风载、地震、温度变化等引起的横向位移。沿直立设备布置的立管应设置导向支架。立管导向支架间的允许间距应符合表29-10规定。

表29-9 温度对计算管子壁厚公式的修正系数

材料	温度/℃					
	≤482	510	538	566	593	≥621
铁素体钢	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7
奥氏体钢	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 29-10 立管导向支架间的允许间距

管道公称直径/mm	气体管道/m		液体管道/m	
	光管	隔热	光管	隔热
25	4.3	3.4	4.0	3.4
40	5.2	4.0	4.6	3.7
50	5.8	4.6	4.9	4.3
80	7.0	6.1	6.1	5.5
100	7.9	7.0	6.7	6.1
150	9.8	8.8	7.9	7.3
200	11.3	10.1	8.8	8.2
250	12.5	11.6	9.8	9.4
300	13.7	12.8	10.4	10.1
350	14.6	13.4	10.7	10.4
400	15.5	14.3	11.3	11.0
450	16.5	15.2	11.6	11.6
500	17.4	16.2	12.5	12.2
600	19.2	18.0	13.4	13.4

参考文献

[1] 化学工学协会编. 配管. 丸善株式会社，1970.

[2] 市川裕亮. 配管の热应力解析. 化学工场. Vol. 11, No. 11《配管技术ハンドブッダ》.

[3] M. W. Kellogg Co. Design of Piping Systems. Chapman&Hall, 1955.

[4] W. J. Baker. Selecting and Specifying Air-Cooled Heat Exchanger. Hydrocarbon Processing, 1980.

[5] 池村茂，吉村俊文. 化学装置の配管设计. 日刊工业新闻社.

[6] 斉藤広作. 配管における热应力计算法の解析. 配管技术. 1966, 8 (12).

[7] S. W. Spielvogel. Piping Stress Calculations Simplified. Mcgraw-Hill Book Co, 1943.

[8] 成赖迪. 配管设计讲座. 日本工业出版株式会社，1977.

[9] 化学工业社. 新版プラント工学. 1971.

[10] Toyo Engineering Corp. Piping Design Manual. Piping CFlexibility Analysis. 1970.

[11] 玉置明善. 化学プラント建设便览. 丸善株式会社，1973.

[12] NEMA-SM-23—2002.

[13] API 617—2003.

[14] 幡野佐一，成赖迪. 配管便览. 化学工业社.

[15] Grinnell Inc, Piping Design and Engineering.

[16] S Kannappan and Victor H. Helgnero. How to Determine Allowable Steam Turbine Piping loads. Hydrocarbon Processing. 1974, 53 (8).

[17] 管道应力分析与计算. 北京：水利电力出版社.

[18] 蔡尔辅. 石油化工管线设计. 北京：化学工业出版社，1989.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第 5 篇

相关专业设计和设备选型

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第30章 自动控制

1 工业自动化仪表的文字代号和图形符号

本节的目的是为检测和控制所用的仪表装置建立统一的命名方法。适用于任何场合对仪表或控制系统在符号及标志上的要求，主要适用于下述用途中的需要：工艺管道及仪表流程图（P&ID）、管道平面布置图、管道单线图、仪表索引表、仪表规格书（数据表）、仪表安装图、仪表回路图、联锁逻辑图、复杂控制功能块图、顺序控制逻辑图等。

1.1 字母代号（见表 30-1）

表 30-1 被测变量和仪表功能的字母代号

字母代号	第一位字母④		后继字母③		
	被测变量或引发变量	修饰词	读出功能	输出功能	修饰词
A	分析⑤		报警		
B	烧嘴、火焰		供选用①	供选用①	供选用①
C	电导率			控制	
D	密度	差④			
E	电压（电动势）		检测元件		
F	流量	比（分数）④			
G	供选用①		视镜、观察⑨		
H	手动				高⑭⑮
I	电流		指示⑬		
J	功率	扫描			
K	时间、时间程序	变化速率④⑲		操作器⑨	
L	物位		灯⑪		低⑭⑮
M	水分或湿度	瞬动④			中、中间⑭
N	供选用①		供选用①	供选用①	供选用①
O	供选用①		节流孔		
P	压力、真空		检测点、取样点		
Q	数量	积算、累计④			
R	核辐射		记录⑩		
S	速度、频率	安全⑧		开关、联锁⑫	
T	温度			传送	
U	多变量⑥		多功能⑦	多功能⑦	多功能⑦
V	振动、机械监视⑩			阀、风门、百叶窗⑳	
W	质量、力		套管		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

字母代号	第一位字母④		后继字母③		
	被测变量或引发变量	修饰词	读出功能	输出功能	修饰词
X	未分类②	X轴	未分类②	未分类②	未分类②
Y	事件、状态⑨	Y轴		继电器、计算器、转换器⑫⑬	
Z	位置、尺寸	Z轴		驱动器、执行机构未分类的最终执行元件	

① “供选用”的字母，指的是在个别设计中多次使用，而表30-1中未予规定其含意。使用时该字母含意需在具体工程的设计图例中作出规定，第一位字母表示一种含意，而作为后继字母则表示另一种含意。例如，字母N作为第一位字母时，含意可为应力；而作为后继字母时，含意可为示波器。

② “未分类”的字母X，表30-1中未予规定其含意，适用于在一个设计中仅一次或有限的几次使用，它在不同地点作为第一位字母或作为后继字母均可有任何含意。例如，XR-1可以是应力记录，XX-2则可以是应力示波器，但是要求在仪表圆圈之外注明“未分类”字母X的含意。

③ 后继字母的确切含意，根据实际需要可以有不同的解释。例如，I可以是指示仪、指示或指示的；T可以是变送器、变送或变送的。

④ 被测变量的任何第一位字母若与修饰字母D（差）、F（比）、M（瞬间）、K（变化速率）、Q（积算或累计）中任何一个组合在一起，则表示另外一种含义的被测变量。因此应把被测变量字母与修饰字母的组合视为一体来看待。例如，TDI和TI分别为温差指示和温度指示。这些修饰字母仅在特定情况下使用。

⑤ 分析变量的字母A，包括表未予规定的分析项目。当有必要表明具体的分析项目时，仪表圆圈中仍写A，一般在圆圈外右上方写出具体的分析项目。例如，分析二氧化碳含量，应在圆圈外标注CO_2，而不能用CO_2代替圆圈内的字母A。

⑥ 第一位字母的U表示多变量，用来表示代替多个变量的字母组合。

⑦ 后继字母U表示多功能，用来表示代替多个功能的字母组合。

⑧ 修饰字母S表示安全，仅用于紧急保护的检测仪表或检测元件及最终控制元件。例如，PSV表示非常状态下起保护作用的压力泄放阀或切断阀。亦可用于事故压力条件下进行安全保护的阀门，而爆破膜则用PSE来标识（此符号不表示专业分工，仅用来说明符号的使用）。

⑨ 后继字母G表示用于对过程检测观察而无标度的仪表，例如视镜、电视监视器等。

⑩ 后继字母I适用于可读出模拟量或数字被测值的场合，就手动操作器而言，它可用于标度盘或设定值的指示。它不适用于无被测量输入的标尺。

⑪ 后继字母L表示单独设置的指示灯，用于显示正常的工作状态，它不同于表示正常状态的A报警灯。如果L指示灯是回路的一部分，则应与第一位字母组合使用，例如表示一个时间周期终了的指示灯应标注为KQL。如果不是回路的一部分，可单独用一个字母L标注。例如，电动机的指示灯，若电压是被测变量，则可记为EL，若用来监视运行状态，则为YL。未分类变量X，仅在有限场合应用。不要用XL来表示电动机的指示灯，允许由用户定义的供选用的字母N或O来表示电动机的运行指示灯。

⑫ 用来接通、断开、选择或切换的装置可以是开关、继电器、位式控制器。其具体的功能则取决于应用。

用于非流体的场合，如果它是自动的，并且在回路中是检测装置，其中用于报警、指示灯、选择或联锁的，则使用术语“开关”；而用于正常操作控制的则通常使用术语“位式控制器”。

用于非流体的场合，凡是自动的，但是在回路中不是检测装置，其动作是由开关或位式控制器带动的，则使用术语“继电器”。

⑬ 后继字母Y表示继动或计算功能时，应在仪表圆圈外（一般在右上方）标注它的具体功能，但是如果功能明显时，也可以不加标注，例如执行机构信号线上的电磁阀就无须附加标注。

⑭ 后继字母修饰词H（高）、M（中）、L（低）可分别写在仪表圆圈外的右上方。H、M、L应与被测量值相对应，而并非与仪表输出的信号值相对应。

当表示有H（高）和HH（高高）、L（低）和LL（低低）两级时，则H（高）和L（低）可以省略不再标注。

⑮ 当H（高）、L（低）用来表示阀或其他开关装置的位置时，H表示阀在全开或接近全开位置；L表示阀在全关或接近全关位置。

⑯ 后继字母R适用于能用任何方法进行检索的，且能以任何形式的信息长期存储。

⑰ 第一位字母V表示振动或机械量的监视，除振动外，应将所监视的机械量在仪表圆圈外加以标注。

⑱ 第一位字母Y表示由事件驱动的控制或监视响应（不同于时间或时间程序驱动）。亦可表示存在或状态。

⑲ 修饰字母K在与第一位字母L、T或W组合时，表示测量或引发变量的变化速率。例如变量WKIC可表示失重率控制器。

⑳ 后继字母K表示设置在控制回路内的自动-手动操作器。例如，流量控制回路的自动-手动操作器为FK，它区别于HC——手动操作器。

㉑ 用来控制流体的装置，如果不是手动操作的切断阀，则将其标注为控制阀，自力式控制阀应使用后继字母CV标注，以区别于一般控制阀。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2 被测变量和仪表功能字母组合示例（见表30-2）

表30-2 被测变量和仪表功能字母组合示例

第一位字母	被测变量或引发变量	控制器				读出仪表		开关和报警装置①			变送器			电磁阀继电器计算器	检测元件	检测点	套管或探头	视镜观察	安全装置	最终执行元件
		记录	指示	无指示	自力式控制阀	记录	指示	高②	低	高低组合	记录	指示	无指示							
A	分析	ARC	AIC	AC		AR	AI	ASH	ASL	ASHL	ART	AIT	AT	AY	AE	AP	AW			AV
B	烧嘴、火焰	BRC	BIC	BC		BR	BI	BSH	BSL	BSHL	BRT	BIT	BT	BY	BE		BW	BG		BZ
C	电导率	CRC	CIC			CR	CI	CSH	CSL	CSHL		CIT	CT	CY	CE					CV
D	密度	DRC	DIC	DC		DR	DI	DSH	DSL	DSHL		DIT	DT	DY	DE					DV
E	电压(电动势)	ERC	EIC	EC		ER	EI	ESH	ESL	ESHL	ERT	EIT	ET	EY	EE					EZ
F	流量	FRC	FIC	FC	FCV FICV	FR	FI	FSH	FSL	FSHL	FRT	FIT	FT	FY	FE	FP		FG		FV
FQ	流量累计	FQRC	FQIC			FQR	FQI	FQSH	FQSL			FQIT	FQT	FQY	FQE					FQV
FF	流量比	FFRC	FFIC	FFC		FFR	FFI	FFSH	FFSL						FE					FFV
G	供选用																			
H	手动		HIC	HC						HS										HV
I	电流	IRC	IIC			IR	II	ISH	ISL	ISHL	IRT	IIT	IT	IY	IE					IZ
J	功率	JRC	JIC			JR	JI	JSH	JSL	JSHL	JRT	JIT	JT	JY	JE					JV
K	时间、时间程序	KRC	KIC	KC	KCV	KR	KI	KSH	KSL	KSHL	KRT	KIT	KT	KY	KE					KV
L	物位	LRC	LIC	LC	LCV	LR	LI	LSH	LSL	LSHL	LRT	LIT	LT	LY	LE		LW	LG		LV
M	水分或湿度	MRC	MIC			MR	MI	MSH	MSL	MSHL		MIT	MT		ME		MW			MV
N	供选用																			
O	供选用																			
P	压力、真空	PRC	PIC	PC	PCV	PR	PI	PSH	PSL	PSHL	PRT	PIT	PT	PY	PE	PP			PSV PSE	PV
PD	压力差	PDRC	PDIC	PDC	PDCV	PDR	PDI	PDSH	PDSL		PDRT	PDIT	PDT	PDY	PE	PP				PDV
Q	数量	QRC	QIC			QR	QI	QSH	QSL	QSHL	QRT	QIT	QT	QY	QE					QZ
R	核辐射	RRC	RIC	RC		RR	RI	RSH	RSL	RSHL	RRT	RIT	RT	RY	RE		RW			RZ
S	速度、频率	SRC	SIC	SC	SCV	SR	SI	SSH	SSL	SSHL	SRT	SIT	ST	SY	SE					SV
T	温度	TRC	TIC	TC	TCV	TR	TI	TSH	TSL	TSHL	TRT	TIT	TT	TY	TE	TP	TW		TSE	TV
TD	温度差	TDRC	TDIC	TDC	TDCV	TDR	TDI	TDXH	TDSL		TDRT	TDIT	TDT	TDY	TE	TP	TW			TDV
U	多变量					UR	UI							UY						UV
V	振动、机械监视					VR	VI	VSH	VSL	VSHL	VRT	VIT	VT	VY	VE					VZ
W	质量、力	WRC	WIC	WC	WCV	WR	WI	WSH	WSL	WSHL	WRT	WIT	WT	WY	WE					WZ
WD	质量差、力差	WDRC	WDIC	WDC	WDCV	WDR	WDI	WDSH	WDSL		WDRT	WDIT	WDT	WDY	WE					WDZ
X	未分类																			
Y	事件、状态		YIC	YC		YR	YI	YSH	YSL				YT	YY	YE					YZ

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

第一位字母	被测变量或引发变量	控制器				读出仪表		开关和报警装置①			变送器			电磁阀继电器计算器	检测元件	检测点	套管或探头	视镜观察	安全装置	最终执行元件
		记录	指示	无指示	自力式控制阀	记录	指示	高②	低②	高低组合	记录	指示	无指示							
Z	位置、尺寸	ZRC	ZIC	ZC	ZCV	ZR	ZI	ZSH	ZSL	ZSHL	ZRT	ZIT	ZT	ZY	ZE					ZV
ZD	位置、尺寸差	ZDRC	ZDIC	ZDC	ZDCV	ZDR	ZDI	ZDSH	ZDSL		ZDRT	ZDIT	ZDT	ZDY	ZDE					ZDV
其他		FIK	带流量指示自动-手动操作						PFI	压缩比指示					QQI	数量积算指示				
		FO	限流孔板						TJI	温度扫描指示					WKIC	失重率、指示控制				
		HMS	手动瞬动开关						TJIA	温度扫描指示、报警										
		KQI	时间或时间程序指示						TJR	温度扫描记录										
		LCT	液位控制、变送						TJRA	温度扫描记录、报警										
		LLH	液位指示灯																	

① A报警（信号装置），可以采用与表中S开关（驱动装置）相同的字母组合方式。

② 在含意不确切时，字母H和L可暂不标注。

1.3 仪表及其安装位置的图形符号（见表30-3）

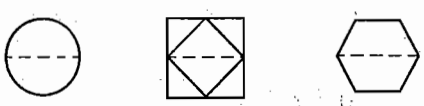
表30-3 仪表及其安装位置的图形符号

仪表类型	主要位置操作员监视用③	现场安装正常情况下，操作员不监视	辅助位置操作员监视用
离散仪表	(1) ①——IP1②	(2)	(3)
共用显示共用控制	(4)	(5)	(6)
计算机功能	(7)	(8)	(9)
可编程序逻辑控制功能	(10)	(11)	(12)

① 图形符号的尺寸根据使用者的需要可以改变，在较大的图纸文件中推荐应用表中的实际尺寸。

② 在需要时标注仪表盘号或操作台号。

③ 正常情况下操作员不监视的盘后安装、架装的仪表设备或功能，仪表图形符号可表示为



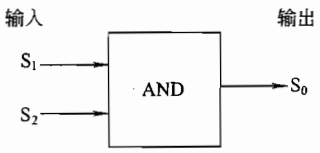
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.4 逻辑功能块图例符号

逻辑功能块用于构成生产过程联锁或顺序控制逻辑图。工艺专业提供的功能分析（Functional Analysis）中包含其详细内容说明，通常采用因果表加文字说明的方式。

联锁逻辑图和顺序控制逻辑图是提供给自动化控制系统集成商（Automation-integrated Manufacturing），进行 DCS/SIS/PLC 软件组态、编制、生成的条件。常用的逻辑功能块如下：与门（AND）；或门（OR）；非门（NOT）；与非门（NAND）；或非门（NOR）；异或门（XOR）；延时门（DELAY）；延时合上（ONDLY）；延时断开（OFFDLY）；双稳态触发（FLIPFLOP）。

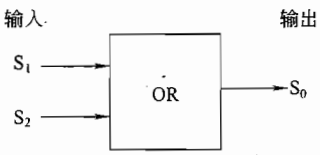
(1) 与门



真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

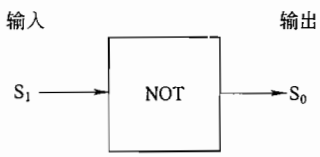
(2) 或门



真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

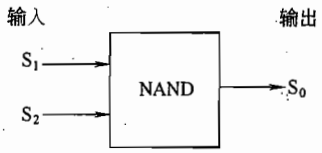
(3) 非门



若 $S_1=1$，则 $S_0=0$；

若 $S_1=0$；则 $S_0=1$。

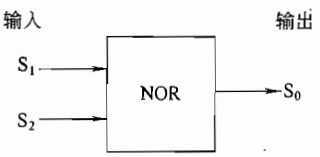
(4) 与非门



真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

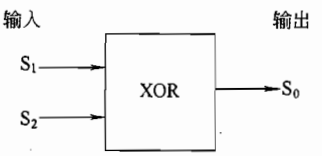
(5) 或非门



真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

(6) 异或门

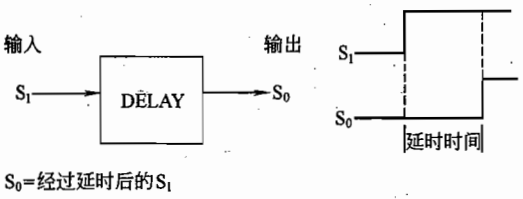


真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

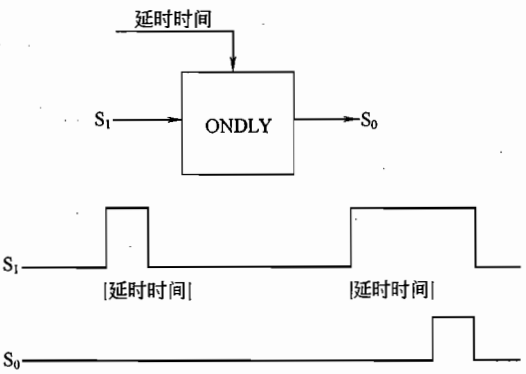
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(7) 延时门

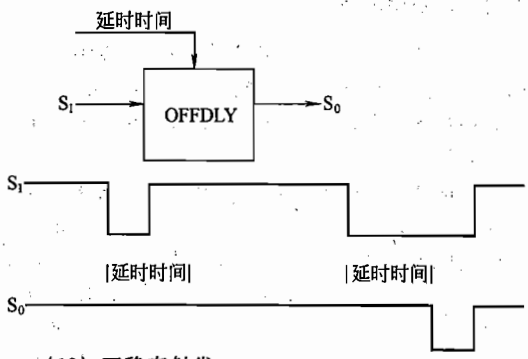


S_0=经过延时后的S_1

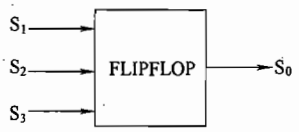
(8) 延时合上



(9) 延时断开



(10) 双稳态触发

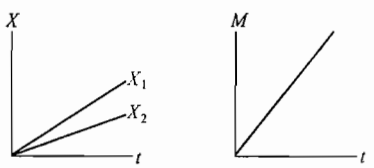
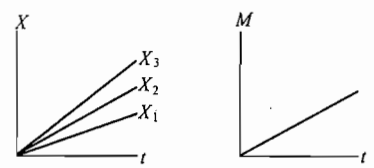
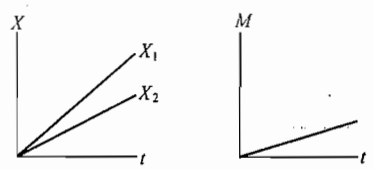


真值表

S_1	S_2	S_0
0	0	无变化
1	0	0
0	1	1
1	1	S_3 输入

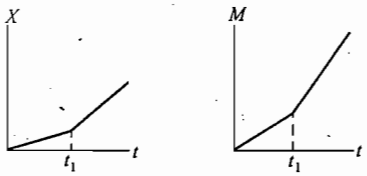
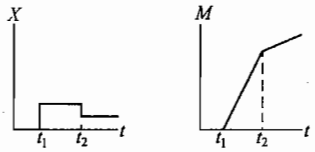
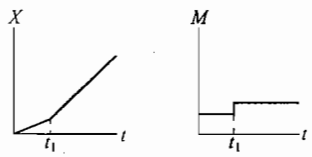
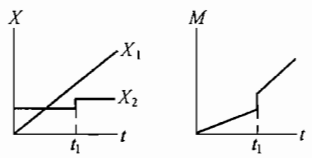
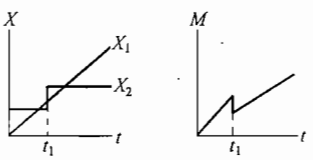
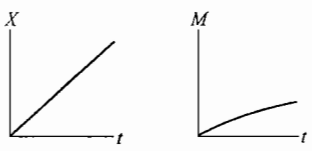
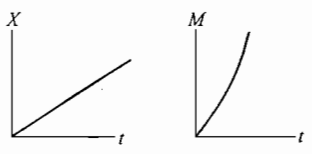
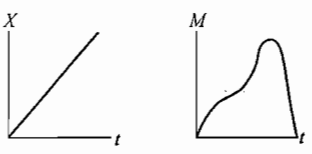
1.5 控制、运算功能块图例符号（见表 30-4）

表 30-4 计算器、继电器及转换器用图例符号①

序号	功能	符号	数学公式	图示	定义
1	和	Σ	$M=X_1+X_2+\cdots+X_n$		输出是输入的代数和(输入要表示为带正、负号)
2	平均值	$\frac{\Sigma}{n}$	$M=\frac{X_1+X_2+\cdots+X_n}{n}$		输出是输入的代数和与被输入个数相除的值
3	差	Δ	$M=X_1-X_2$		输出是两个输入的代数差

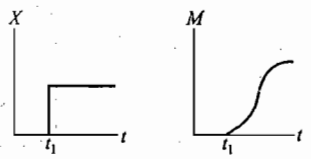
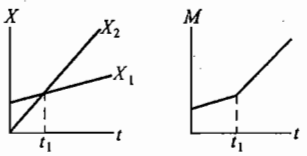
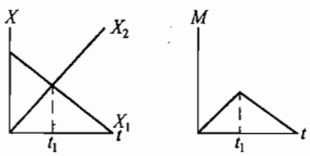
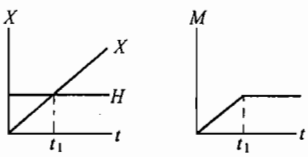
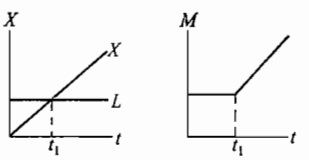
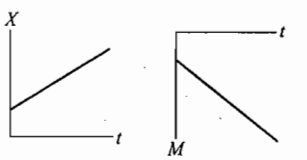
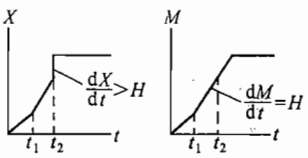
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	功能	符号	数学公式	图示	定义
4	比	K 1∶1 2∶1	$M=KX$		输出与输入成正比，对容积升压器，K 可取 1∶1，对于整体增益，2∶1，3∶1 等可代替 K
5	积分	$\int$	$M=\frac{1}{T_1}\int X\mathrm{d}t$		输出与随输入的大小和存在时间而变化，输出与输入的积分成比例
6	微分	$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}$	$M=T_\mathrm{D}\frac{\mathrm{d}X}{\mathrm{d}t}$		输出与输入的变化率(微分)成比例
7	乘	×	$M=X_1X_2$		输出为两个输入的乘积
8	除	÷	$M=\frac{X_1}{X_2}$		输出为两个输入的商
9	开方	$\sqrt[n]{\ }$	$M=\sqrt[n]{X}$		输出为输入的方根(如立方根，1/4 次方根，3/2 次方根等)，如果省略 n，表示为平方根
10	幂	X^n	$M=X^n$		输出为输入自乘到某次(例如 2 次、3 次、4 次等)
11	非线性或未确定函数	$f(X)$	$M=f(X)$		输出与输入成某种非线性关系或未确定函数关系

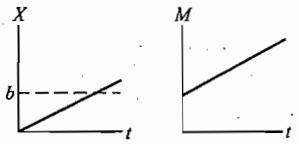
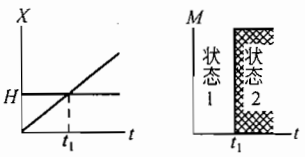
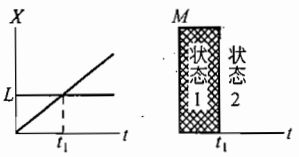
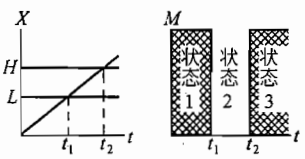
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	功能	符号	数学公式	图示	定义
12	时间函数	$f(t)$	$M=Xf(t)$ $M=f(t)$		输出是输入与某些时间函数的乘积或仅与某时间函数相关
13	高选	$>$	$M=\begin{cases}X_1 & X_1\geqslant X_2\\ X_2 & X_1\leqslant X_2\end{cases}$		输出为诸输入中的最大者
14	低选	$<$	$M=\begin{cases}X_1 & X_1\leqslant X_2\\ X_2 & X_1\geqslant X_2\end{cases}$		输出为诸输入中的最小者
15	高限	$\rightarrow$	$M=\begin{cases}X & X\leqslant H\\ H & X\geqslant H\end{cases}$		输出为输入值或高限值，但无论哪个都是一个较小值
16	低限	$\leftarrow$	$M\begin{cases}X & X\geqslant L\\ L & X\leqslant L\end{cases}$		输出为输入值或低限值，但无论哪个都是一个较大值
17	反相比例	$-X$	$M=-KX$		输出与输入成反相比例
18	速率限制器	$\forall$	$\frac{dM}{dt}=\frac{dX}{dt}\begin{cases}\leqslant H\text{ 和}\\ M=X\end{cases}$ $\frac{dM}{dt}=H\begin{cases}\geqslant H\text{ 或}\\ M\neq X\end{cases}$		只要输出的变化率不超过某一限值，则输出就是输入；在限值附近，输出按确定的比率变化，直到输出又一次等于输入

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	功 能	符 号	数学公式	图 示	定 义
19	偏置	＋ － ±	$M=X\pm b$		输出为输入加(或减)若干任意的值(偏置)
20	转换	* / *	输出＝f(输入)		输出信号形式不同于输入，* E—电压；* H—液压的；I—电流；O—电磁的，声波；P—气动的；R—电阻；A—模拟；D—数字；B—二进制量
21	信号监视器	H * *	状态 1，$X\leqslant H$ 状态 2，$X>H$ (励磁或报警状态)		
		* * L	状态 1，$X<L$ (励磁或报警状态) 状态 2，$X\geqslant L$		
		* * HL	状态 1，$X<L$ (第 1 输出 M_1 励磁或报警状态) 状态 2，$L\leqslant X\leqslant H$ (2 个输出不起作用或励磁) 状态 3，$X>H$ (第 2 输出 M_2 励磁或报警状态)		过(或不到)一个任意的限值时输出改变状态

① 本表所列参照 ISA-S 5.1 表 3。

注：1. 表中各变量说明如下。

b—模拟偏置值；$\frac{d}{dt}$—对时间求导；H——个任意的模拟高限值；$\frac{1}{T_I}$—积分率；L——个任意的模拟低限值；M—模拟输出变量；n—模拟输入数或指数值；t—时间；T_D—微分时间；X—模拟输出变量；X_1，X_2，X_3，…，X_n—模拟输入变量(1～n 为个数)；*—字母标志符。

2. 说明：正方形可作标志用，如：I-O 开-关；REV 反作用。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.6 仪表连接线符号

PID图上全部仪表连接线符号都应比工艺连接线细，详见表30-5。

表30-5 仪表连接线名称及其符号

序号	连接线名称	符号
1	仪表能源或连到工艺的连接线	
2	不确定信号	
3	气动信号	
4	电信号线	
5	液压信号	
6	毛细管	
7	电磁或声波信号①（有配线）	
8	电磁或声波信号（无配线）	
9	内部系统线（软件或数据通讯线）	
10	机械连线	
选择的二位（开-关）信号		
11	气动二进制信号	
12	电动二进制信号	

① 电磁现象包括热无线电波、核辐射和光。

1.7 分散控制/计算机用图例符号

1.7.1 分散控制/集中显示符号

以微处理机为基础的仪表控制系统的先进性允许功能共享，如显示、控制和信号连接。因此，这里定义的符号规则应是“共享仪表”，这意味着共享显示和共享控制。符号外边的方形部分，表明为共享型仪表功能。

(1) 正常情况下操作员可存取

指示器/调节器/记录仪或报警点，一般用于视频显示方式指示。



① 共享显示。
② 共享显示和共享控制。
③ 仅限于通讯总线的存取。
④ 在通讯总线上的操作员接口。

(2) 辅助操作员接口设备



① 一般盘装并有模拟面板，应不装在主操作台上。
② 可以是一个后备调节器或手操站。
③ 存储仅限于通讯总线内。
④ 通过通讯总线的操作员接口。

(3) 正常情况下操作员不能存取



① 分散无显示调节器。
② 安装在现场的集中显示器。
③ 在分散调节器中的计算、信号处理。
④ 可在通讯总线上。
⑤ 一般无显示操作。
⑥ 可通过组态变更。

1.7.2 计算机符号

下列符号用于称为“计算机”的组件组成的系统中，以便与整体处理器相区别。

该系统可完成各种“分散控制系统”的功能，通过数据连接，这些计算机组件可以组成一个系统，即它是一个独立的计算机。

(1) 操作员一般可存取

指示器/控制器/记录仪或报警点，一般用于视频显示方式指示。



(2) 操作员一般不能存取



① 输入/输出接口。
② 在计算机内的计算/信号处理。
③ 可用来作为无显示的调节器或软件计算模块。

1.7.3 逻辑和顺序控制符号

(1) 通用符号，用于未定义的复杂和互连逻辑或顺控（见ISA-S5.1）



(2) 具有二位式或顺序逻辑功能与逻辑控制器互连的分散控制



① 成套可编程逻辑控制器或与分散控制设备一体化的数字逻辑控制。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 操作员一般不能存取。

(3) 具有二位式或顺序逻辑功能与逻辑控制器互连的分散控制



① 成套可编程逻辑控制器或与分散控制设备一体化的数字逻辑控制。

② 操作员一般能存取。

1.7.4 内部系统功能符号

计算/信号处理



① 参考表 30-4 控制、运算功能块图例符号。

② 对广义的计算要求，使用符号“C”并在文件中加以解释。

1.7.5 标识符

使用标准 ISA-S5.3，除增加软件报警项外，标识符应与表 30-1 一致。

软件报警可用表 30-1 的符号，在控制或其他特定系统组件的输入输出信号线上用字母标识符进行标识，见标准 ISA-S5.3 的第 6 节报警。

在大部分系统中可提供多个报警能力，标准 ISA-S5.3 表示的报警应如图 30-1 和图 30-2 举例中表明的方式标注。

① 被测变量的报警应包括变量标识符，例如

压力：	PAH	高
	PAL	低
	dP/dT	变化率
	PDA	设定点偏差

② 在调节器输出上的报警应使用未定义变量标识符，例如

XAH	高
XAL	低
d/dt	变化率

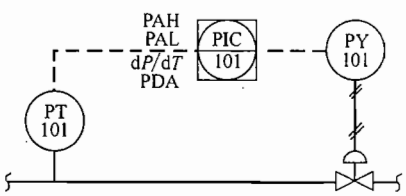


图 30-1

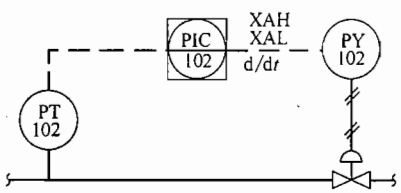


图 30-2

1.8 应用举例及典型流程图

1.8.1 应用举例

图 30-3～图 30-15 所示图例是对在标准 ISA-S5.3 和 ISA-S5.1 中给出的符号进行各种组合的一些例子，这些符号可以根据需要加以组合以满足用户需要。其中图 30-7～图 30-15 中，主要信息线上的调节器认为是主调节器，在主线外的所用设备提供后备和附属功能。

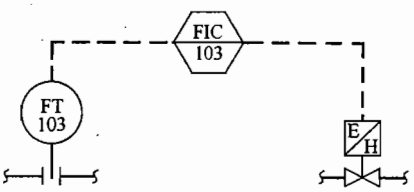


图 30-3 计算机控制（无后备，集中指示）

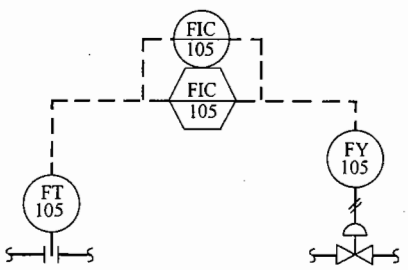


图 30-4 计算机控制（具有模拟后备）

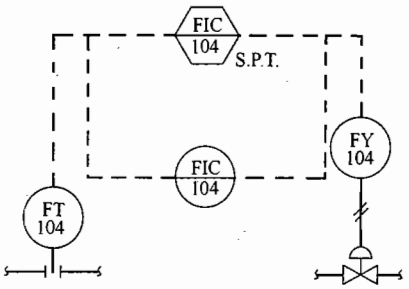


图 30-5 计算机控制（具有设定点跟踪 SPT 的全部模拟后备）

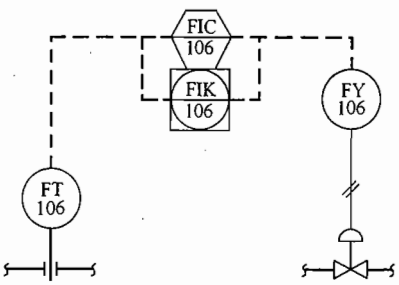


图 30-6 计算机控制（从集散控制仪表开始全部后备，计算机使用仪表系统通讯总线）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

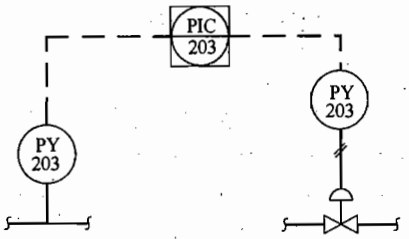


图 30-7 集中显示/分散控制（无后备）

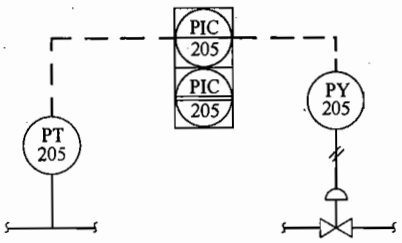


图 30-8 集中显示/分散控制（具有辅助操作员接口设备）

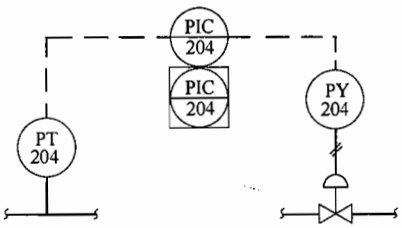


图 30-9 模拟控制（与集中显示/分散控制后备接口）

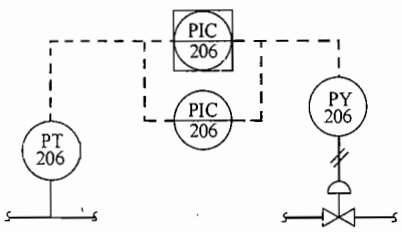


图 30-10 集中显示/分散控制（具有模拟调节器后备）

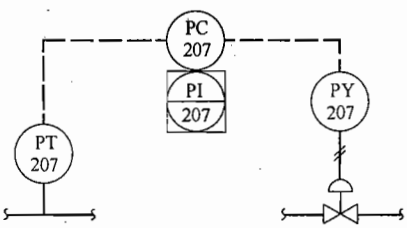


图 30-11 模拟控制（无显示调节器、集中显示）

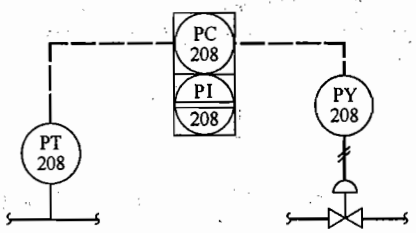


图 30-12 无显示分散控制（具有辅助操作员接口后备）

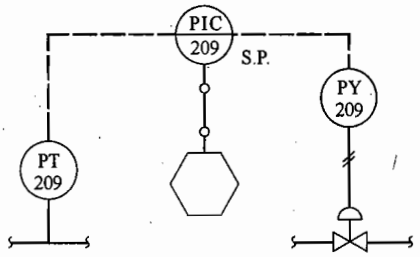


图 30-13 监督设定点控制（带常规面板的模拟调节器，通过通讯连接的计算机监督设定点）

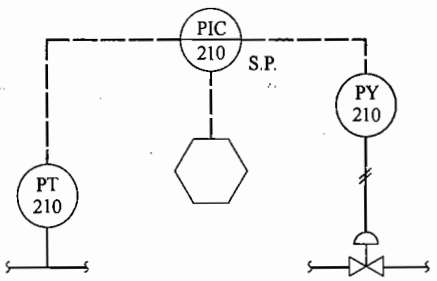


图 30-14 监督设定点控制（装备有常规面板的模拟调节器，计算机监督设定点硬接线）

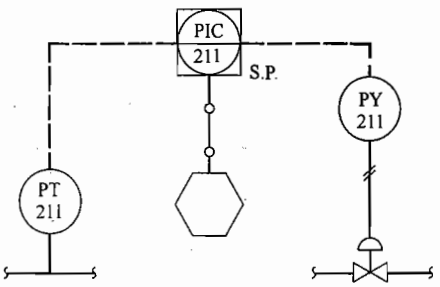


图 30-15 监督设定点控制（通过通讯连接使整个计算机存取具有集中显示/分散控制功能）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.8.2 典型流程图

图 30-16 所示为流程简化图示例，图中用标准 ISA-S5.3 的基本符号进行组合，通过提供一个假想的例子启发使用者的思路，以便正确使用这些符号。图 30-16 中的布置方式说明如下。

① 燃料气和空气流量是燃烧系统的输入，通过分散控制仪表提供燃烧系统的燃料气和燃烧空气比值。此比值的设定点可由计算机给出。

② 燃烧空气和燃料气体压力由压力开关监视，压力开关通过 UC-600“分散控制互连逻辑”控制气体安全切断阀。

③ 物料湿度可测，输入物料的净重可以计算，进料率可由 MT-300 和 WC-301 控制，排放物料湿度可由 MT-302 读出，因此，燃烧率和/或进料率可由分散型控制系统（DCS）仪表或由考虑到其他工艺变量的计算机加以控制。

④ 英国热量单位（BTU）分析（AT-97）是计算机系统的输入，并产生前馈控制以调整以 BTU/h 为单位燃烧率，设定点由计算机根据进料率、质量和湿度进行计算。

⑤ 内部系统连接由可选择的计算机输入/输出表达，其中包含有燃料率和比率设定点的含义。为在系统连接符号中表示比值控制中的流量补偿时可以用同样方法，在计算模块和调节器之间的连接由邻接符号

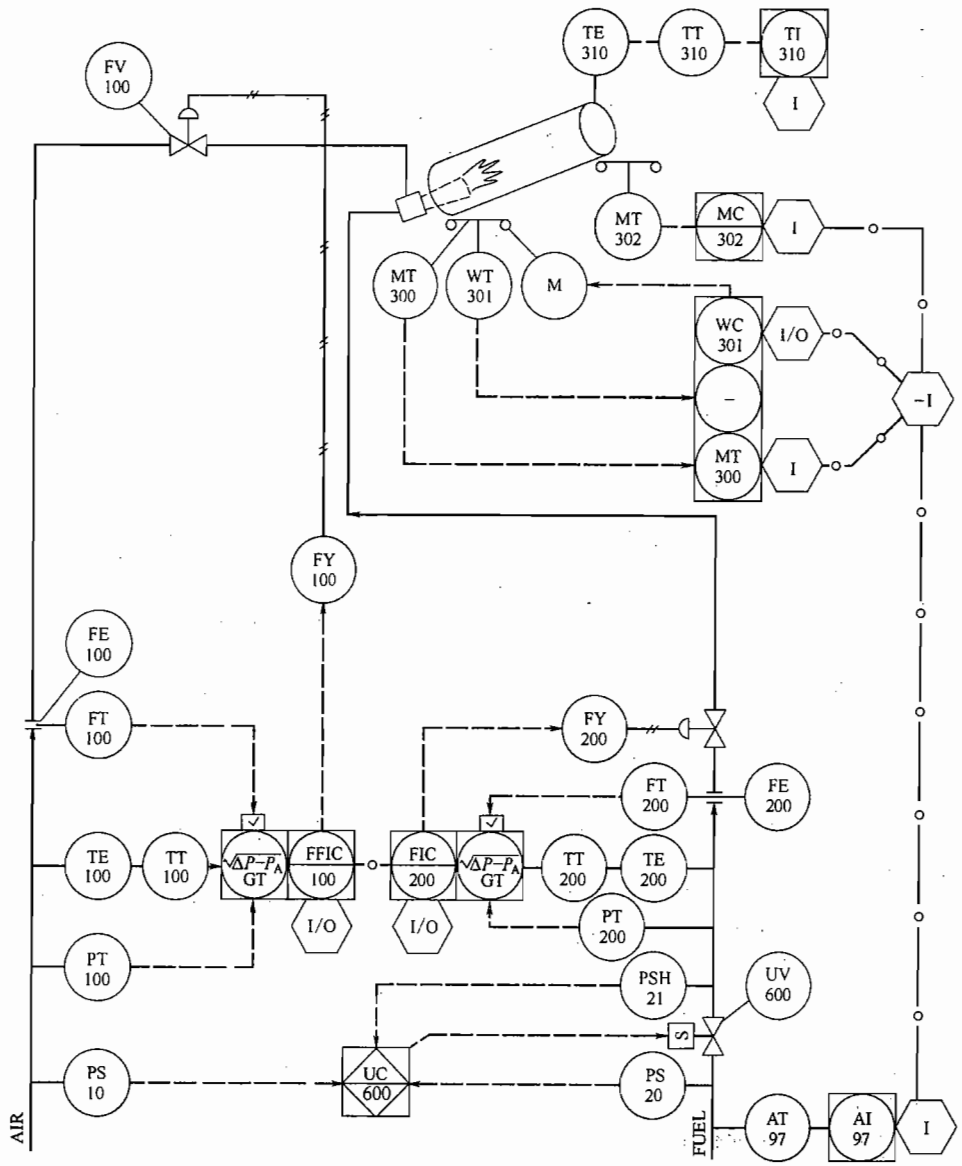


图 30-16 流程简化图示例

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

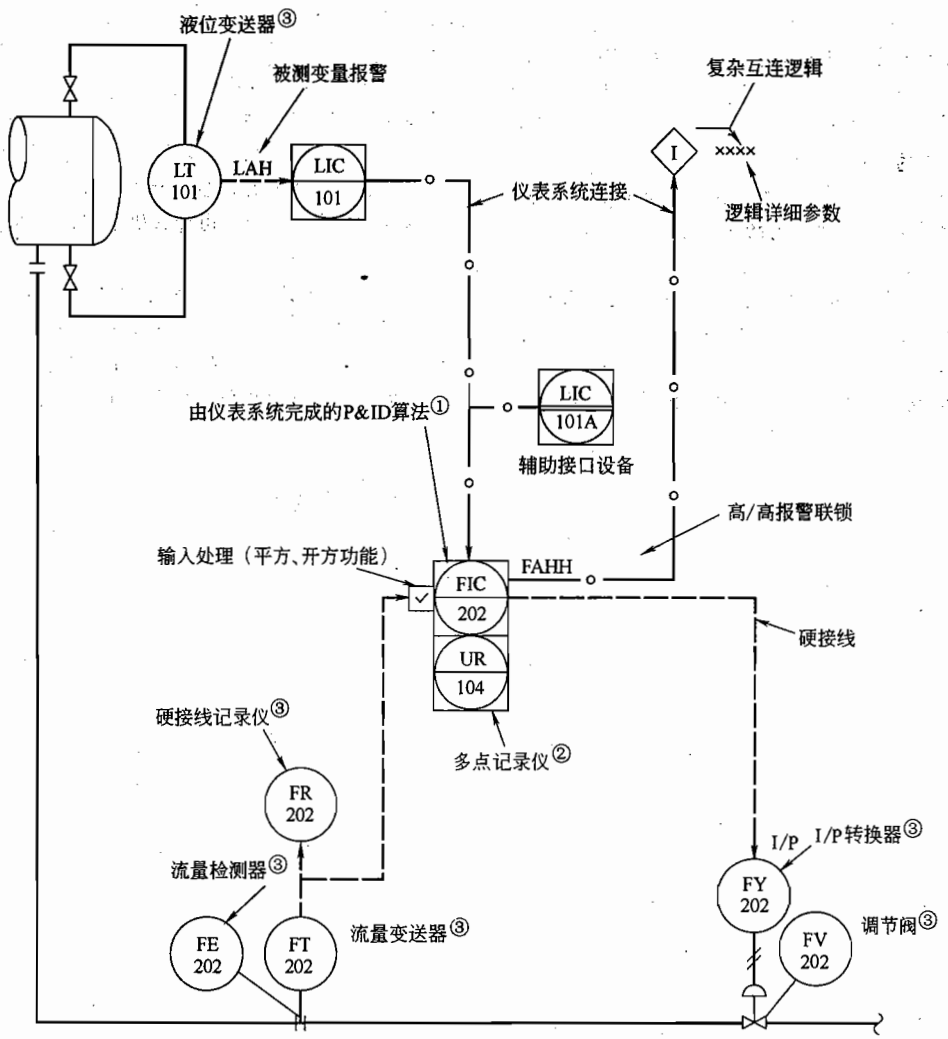


图 30-17 串级调节回路典型流程

①在操作台上显示/调节，通过数据网通讯；

②在操作台内，从仪表系统数据库中选择的信号；

③安装在现场

来表现，而对比值控制的干扰流量在系统连接符号内表明。

图 30-17 所示为将符号组合成具有报警功能的串级调节回路典型流程。

2 DCS/SIS/PLC 控制系统的工程设计

2.1 DCS/SIS/PLC 工程项目的执行步骤

(1) 系统技术规格书的设计（见表 30-6）

(2) 项目典型进度说明

DCS/SIS/PLC 项目典型进度示意如图 30-18 所示，其中阶段②～⑩的工作内容说明如下。

② 为评议报价和选定供应商阶段。

③ 为与供应商之间的开工会及过程控制软件详细设计阶段。在这次工程会上主要任务要确定硬件规格及数量，如模拟量 I/O、数字量 I/O、终端（包括工程师站及操作站）、打印机、硬拷贝机、硬件系统的供电方案、旁路开关柜设置、硬报警器（闪光报警器）、模拟备用仪表（常用作分析记录仪）、硬件系统的冗余要求（CPU、I/O 及通信接口等）及机柜尺寸等。虽然在开工会上主要讨论硬件问题，但此时即可开始过程控制软件的详细设计工作。这一阶段工作的主要任务是对基础设计的软件内容进一步详细研究并最终作为制造厂商软件编制及软件生成的技术文件。

④ 为系统工程设计阶段。系统工程设计包括系统的分析及研究，仪表接口的设计，控制室的布置，空调、土建、供电照明及消防系统的设计。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 30-6 典型技术规格书的目录

1.0 总则
- 1.1 概述
- 1.2 工厂及装置简况
- 1.3 卖方的责任
- 1.4 供货及服务范围
- 1.5 报价技术文件要求
- 1.6 无效报价
- 1.7 关于招标及投标的修改
- 1.8 本规格书程度用词

2.0 系统技术规格
- 2.1 概述
- 2.2 过程控制和检测
- 2.3 操作环境与人机接口
- 2.4 系统管理及工程实施
- 2.5 系统的可靠性和可用性
- 2.6 通信网络
- 2.7 高级控制及生产管理
- 2.8 仪表设备管理系统
- 2.9 可燃气体及有毒气体检测报警系统

3.0 硬件配置的基本要求
- 3.1 设备配置条件
- 3.2 冗余原则
- 3.3 控制回路及检测点统计（I/O 清单）
- 3.4 控制站配置
- 3.5 操作站配置
- 3.6 工程师站配置
- 3.7 历史数据工作站
- 3.8 电视监控站配置
- 3.9 通信网络及设备
- 3.10 DCS 与 SIS 等设备的通信连接
- 3.11 系统机柜
- 3.12 辅助机柜
- 3.13 电缆及连接配件
- 3.14 电源及接地

4.0 软件配置的基本要求
- 4.1 过程控制和检测软件
- 4.2 操作系统及工具软件
- 4.3 工程组态软件
- 4.4 高级控制和优化软件
- 4.5 生产管理软件
- 4.6 软件的版本更新
- 4.7 汉字系统

5.0 备品备件及辅助工具
- 5.1 备品备件
- 5.2 专用仪器和工具

6.0 文件资料
- 6.1 工程文件资料
- 6.2 应用手册文件
- 6.3 中间文件资料
- 6.4 组态培训资料
- 6.5 文件资料的文字

7.0 技术服务
- 7.1 概述
- 7.2 项目管理
- 7.3 工程条件会
- 7.4 现场技术服务
- 7.5 操作运行服务

8.0 技术培训及软件组态
- 8.1 系统技术培训
- 8.2 软件组态培训
- 8.3 组态
- 8.4 维护培训
- 8.5 操作培训

9.0 测试与验收
- 9.1 工厂测试与出厂验收
- 9.2 现场验收

10.0 性能保证
- 10.1 性能保证
- 10.2 备件

11.0 特殊要求

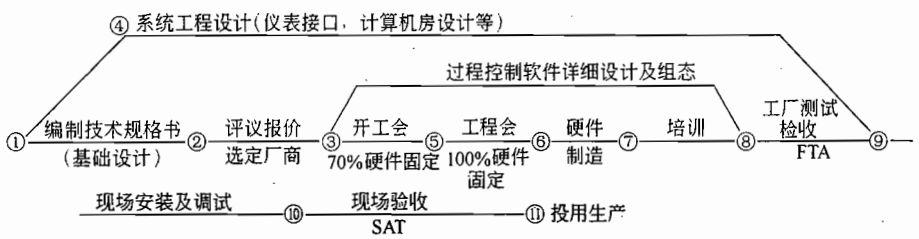


图 30-18 DCS/SIS/PLC 项目典型进度示意

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 为与供应商之间的工程会阶段。通常工程会在开工会后1～2月召开，也可根据工程系统内容及设计院工程公司内部准备情况适当延时。工程会上主要确定软件设计内容，当然也可适当修正硬件的若干非关键性技术问题（如I/O点数修正等）。在这次会上也应详细讨论系统检验大纲（包括出厂验收FTA及现场验收STA两个阶段）。

⑥ 为制造厂硬件制造开始阶段。

⑦ 为参加制造厂培训阶段（如对厂商提供的系统原先已比较熟悉，这一阶段可不必考虑）。

⑧ 为制造厂系统软件制造生成、调试、纠错直至出厂阶段。通常，出厂前工程公司/设计方会同业主参加FTA验收。

⑨ 为现场安装及调试阶段。

⑩ 为现场验收（STA）阶段。

2.2 系统工程设计的执行步骤

2.2.1 项目人员配备

通常大多数工程项目的成功取决于承担该任务人员的能力。要求主要负责人员必须具备化工单元自动化、控制工程、微机及外语方面的扎实基础。对于大型石油化工企业更需配备项目经理、工艺工程师、控制系统工程师、计算机系统设计工程师及电气工程师，而对中小型企业人员配备可以从简。

2.2.2 软件设计

在试图制定详细的系统技术规格书之前，必须勾画出表征计算机控制对策的带控制点流程图(P&ID)。除此之外，还应为系统配备一份操作说明书，以对在流程上不能明确说明的比较复杂的控制方法及算法作进一步补充。

过程控制软件设计通常应包括以下两个阶段：基础设计阶段，该阶段工艺提供系统功能分析说明；软件详细设计阶段，该阶段要完成过程控制的功能块图(FBD)及其说明及联锁逻辑图（LD）、顺序控制逻辑框图/时序图（SFC），产生I/O点表，设计报表和记录格式表，各种用户画面定义。

(1) 基础设计阶段

基础设计阶段应包括工艺编写并完成过程的功能分析（Functional Analysis），对所有单元的特定控制方式及对策，主要的联锁及程控回路功能做出决定。下面举例说明。

以锅炉系统常用的给水罐液位控制系统为例，图30-19所示为带控制点流程图。功能分析说明如下。

根据液位调节器LC5901的设定值改变去除氧器脱盐水进料阀的开度。

低低液位开关LSLL5901动作时关闭电动开关阀MOV5501，同时停止给水泵P5501。高高液位开关LSHH5901动作打开电动开关阀MOV5501及水泵。

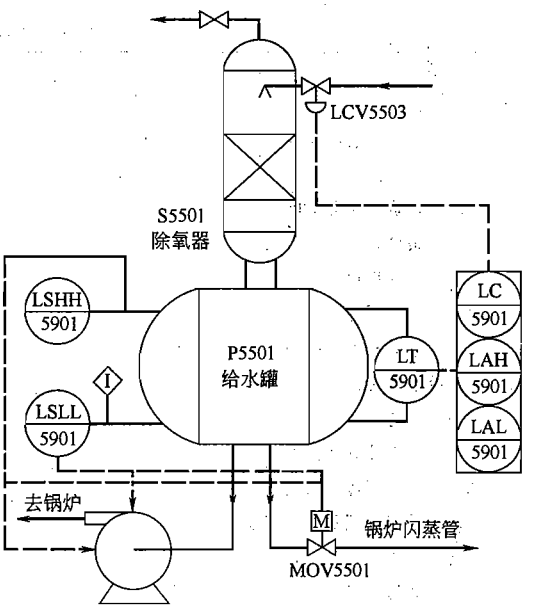


图30-19 给水罐液位控制及报警系统

(2) 软件详细设计阶段

从上例可知，工艺对除氧器及给水罐的功能分析文件中对控制及联锁要求已作了十分详细的说明。自控专业据此作出能给系统集成商（或DCS，PLC厂商）编制软件的标准技术图表，通常包含以下几类。

① FBD图（Functional Block Diagram）——用软件结构功能描述连续控制功能（见图30-20）。

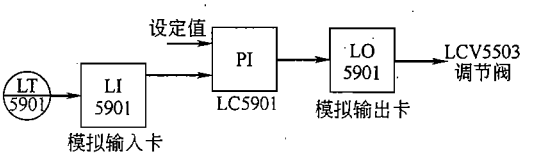


图30-20

② LD图（Logic Diagram）——用逻辑运算块描述过程联锁功能（见图30-21）。HU5901为旁路（BYPASS）开关，用作低低液位联锁解除。

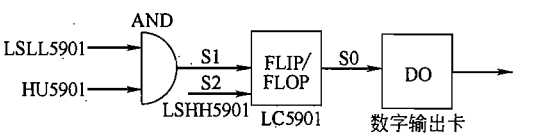


图30-21

③ SFC图（Sequential Function Chart）——用编程框图或顺控功能表描述过程顺序控制功能。功能分析中应说明顺控要求并附上系统图，现举PTA装置催化剂调整槽为例（见图30-22），说明顺控要求如下。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

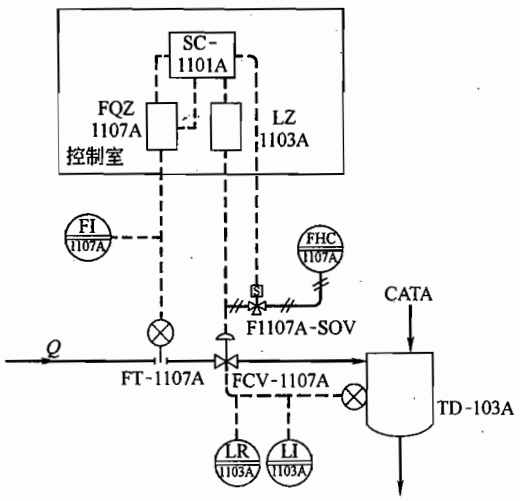


图 30-22 PTA 装置催化剂调整槽系统

a. 现场设置复位按钮 HSF1107AR1 或控制室设置复位按钮 HSF1107AR2。合上使 F1107A-SOV 通电打开 FCV-1107A 调节阀，并开到一定开度。

b. 当进入催化剂调整槽的催化剂量经流量积算器 FQZ-1107A 到设定值时关 FCV-1107A。

c. 顺序执行中当催化剂调整槽液位高于规定值时，LZ1103A 动作关调节阀 FCV-1107A 并发出报警信号。

d. HS-F1107A 置于停止侧时，FCV-1107A 关闭。

自控专业根据工艺提供的上述功能分析可以分别做成顺序控制逻辑框图或顺控功能表，提交给供应商制作软件。

图 30-23 所示为顺序控制逻辑框图。表 30-7 所示为顺控功能表。

表 30-7 用 C 表示为动作条件（Condition），用 A 表示为执行动作（Action）。

作成上述几类图表为软件设计阶段极其重要的工作，是对 DCS/SIS/PLC 系统进行正确组态和编程的基础文件。

④ 人机界面（HMI）的软件设计 在软件详细设计阶段还必须完成人机界面（HMI）的设计。这部分内容涉及操作者必须从 CRT 屏幕上获得足够信息，以便于操作生产过程。屏幕及打印机为系统的主要记录设备，屏幕的显示图表及打印格式的设计也必须在该设计阶段完成。尽管系统各异，但常用的显示画面分类大致如下：总貌显示；详细（点）画面；组画面；历史趋势画面；实时趋势画面；系统状态显示画面；报警画面；流程画面。

打印格式可按系统约定的格式，也可由用户自己

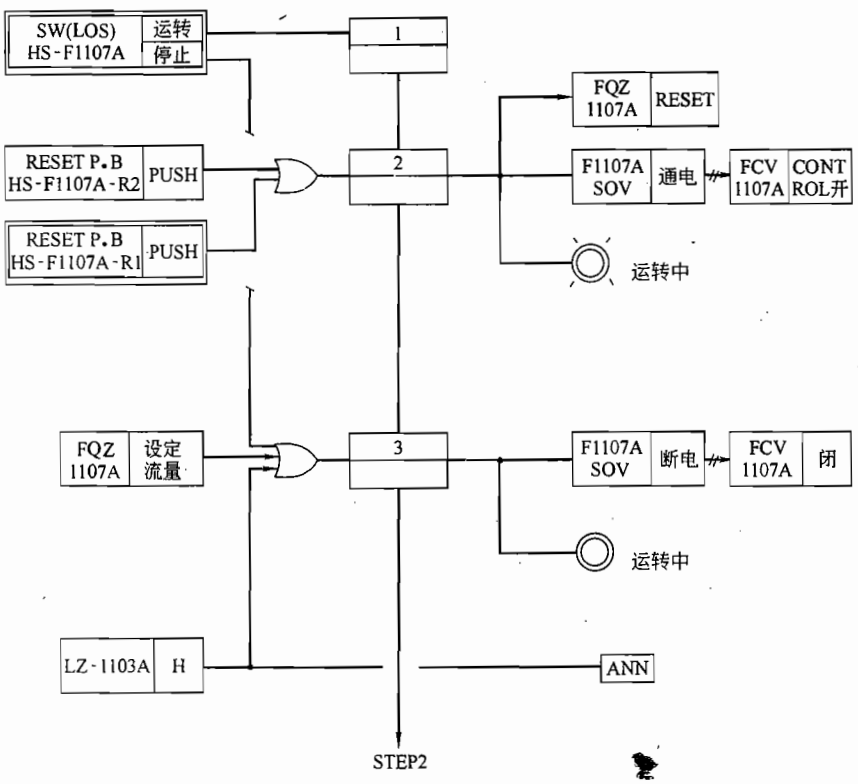


图 30-23 顺序控制逻辑框图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 30-7 顺控功能表

SYMBOL	RULE NO. / STEP NO. COMMENTS	1..4	5..8	9..12	13..16	17..20	21..24	25..28	29
C01HSF1107A	F1107A 现场启动	YYYY	N...						.
C02 F1107AR1	F1107A 现场复位	Y...							.
C03 F1107AR2	F1107A 复位	.Y..							.
C04 LIZ1103A,S,HH	TD103A 液位	NN.Y							.
C05 FY1107-A,S,MAN	TD103A PX 批量	YY..		...Y	Y...				.
C06 SW1107A,S,MAN	FQZ1107A OUTPUT				Y...				.
C07 SW1107A,MV,O	FQZ1107A OUTPUT	..Y.			..Y.				.
C08 FY1107-A,S,AOF	TD103A PX 批量		.N..						.
C09 FY1107A,S,AOF	TD103A 配制用 PX		..N.						.
C10 FY1107-A,S,+BDV	TD103A PX 批量				..Y.				.
C11									.
C12									.
C13									.
C14									.
C15									.
C16									.
A01 FY1107-A,P1,1	TD103A PX 批量	YY..							.
A02 FY1107-A,P1,4	TD103A PX 批量	...Y							.
A03 %CL101		YY..							.
A04 SW1107A,MV,2	FQZ1107A OUTPUT	YY..							.
A05 FY1107-A,S,MAN	TD103A PX 批量	..Y.	Y...						.
A06 FY1107-A,S,AUT	TD103A PX 批量	YY..							.
A07 SC1101A,H	field lamp a	YYNN	N...						.
A08 %AN0228.H	TD103A 配制结束	NNYY	N...						.
A09 %CL100		YY..	Y...						.
A10 SW1107A,S,MAN	FQZ1107A OUTPUT			...Y					.
A11 SW1107A,MV,O	FQZ1107A OUTPUT	...Y	Y...		Y...				.
A12 SW1107A,S,AUT	FQZ1107A OUTPUT	YY..							.
A13 SW1107A,S,CAS	FQZ1107A OUTPUT	YY..							.
A14 %CL104				Y...					.
A15 FY1107A,S,AUT	TD103A 配制用 PX			Y...					.
A16 FY1107-A,S,AOF	TD103A PX 批量		.Y..						.
A17 FY1107A,S,AOF	TD103A 配制用 PX		..Y.						.
A18 %AN0230,H	FCV1107A 漏报警	NN..			..Y.				.
A19									.
A20									.
A21									.
A22									.
A23									.
A24									.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

定义自由格式打印，一般分为：小时报表；班报表；日报表；月报表；报警报表。

⑤ 屏幕底色为淡绿色情况下画面显示的色标推荐（见表30-8、表30-9）。

⑥ 符号说明。图中每个符号要用名称及位号来描述。在用英文版说明情况下，由于屏幕空间的限制不可能用全文说明，当需要时推荐使用表30-10所列标准缩号字符串。

表30-8 仪表符号及信号线推荐色

符号	颜色	符号	颜色
仪表外壳	中绿	仪表连接信号线(气动)	银色
表示方向箭头	中绿	仪表连接信号线(电动)	黑色

表30-9 CRT屏幕画面工艺物料色标推荐

工艺流体名	颜色	工艺流体名	颜色	工艺流体名	颜色
水	深蓝色	药剂或阻燃剂	金色	触媒、催化剂	深红色
蒸汽	淡蓝色	硫化氢	橙色	溶解液	中棕色
气相烃	淡黄色	还原脱氧剂	中蓝色	酸	中绿色
液相烃	淡红色	氢	深绿色	焦油	黑色
燃料气	棕黄色	硫	深黄色	氨	紫色
燃料油	深棕色	空气	白色		
碱	淡灰色	烟气或惰性气	淡棕色		

表30-10 推荐使用的标准缩号字符串

英文全名	缩号字符串	英文全名	缩号字符串
Absorber or Absolute	ABS	Condenser or Condensate	COND
Accumulator	ACCUM	Converter	CONV
Alkylation	ALKY	Debutanizer	DEBUT
Blowdown	BLWDN	Deethanizer	DEETH
Blower	BLWR	Depentanizer	DEPENT
Bottoms	BTMS	Depropanizer	DEPROP
Catalytic	CAT	Desulfurizer	DESULF
Coalescer	COLSCR	Diesel	DIESEL
Column	COL	Discharge	DISCH
Compressor	COMP	Exchanger	EXCH
Fractionator	FRACT	Pressure	PRESS
Gasoline	GASO	Pumparound	PA
Gas Oil	GO	Pumpout	PO
Header	HDR	Reactor	REACTOR
Heavy	H or HVY	Solution	SOLN
Hydrogen Sulfide	H_2S	Splitter	SPLIT
Injection	INJECTN	Stabilizer	STAB
Kerosene	KERO	Storage	STG
Light	L or LT	Stripper	STRIP
Liquid	LIQ	Superheater	SUPHTR
Overhead Product	OH	Temperature	TEMP
Oxygen	O_2	Tower	TWR
Polymerization	POLY	175# Steam	175# STM

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑦ 常用工程单位

质量浓度	mg/L
体积浓度	μL/L
电导率	μS/cm
密度	kg/m³
动力黏度	Pa·s(cP)
液体流量	t/h，kg/h
蒸汽流量	t/h，kg/h
气体流量	m³/h，m³(标)/h
热量	kJ
温度	℃
压力	Pa，kPa，MPa，bar
速度	m/s
体积	m³
功率	kW
长度	m
噪声	dB

人机界面的软件设计要很好地熟悉工艺设备的操作方法。如果工艺已有很良好的运转历史，必须考虑已往的操作经验；如果为新工艺，必须考虑操作灵活性。

每个供应厂商对上述人机界面的完成都能提供标准表格或有某些约定（也称为图形构成软件 Picture Build），设计人员必须在正式填写有关图表或勾画草图前要熟悉这些资料才能很好地完成任务，避免重复修改影响进度。此外，设计人员在设计 HMI 前必须与工艺及熟悉操作人员充分讨论，倾听他们的意见，使之具有很合理的可操作性。通常动态流程画面的完成应有工艺人员参与。

2.2.3 软件生成

这阶段的主要任务是把已完成的 FBD，LD，SFC 及 HMI 图表装载在 DCS/PLC 系统数据库中。

大部分 DCS/PLC 控制系统提供数据采集、过程控制、报警、联锁逻辑及操作界面等组态用的标准格式。数据库的生成要对每一点的过程和控制信息按填字的表格进行收集和识别。这些组态数据包括硬件地址、输入信号预处理要求、报警极值、控制算法、数学运算等信息。

对于大型装置，数据库生成需花费很多时间去填写组态表，并根据组态表通过电脑操作键入系统，并进行系统软件调试，最终完成出厂验收(FAT)。

在软件生成阶段通常有两种不同的工作方式。

① 设计院提供详细的软件设计文件，由供应商完成软件生成。这方面的要求应在工程项目初期阶段就明确，以便供应商能在投标时就这部分工作定出有关报价。这种工作方式一般适用于新装置或引进装置，因为这种情况下设计院能有比较充裕的时间及人员安排来完成详细软件设计文件并提交给供应商。有时引进装置专利商已委托国外工程公司完成，并提交了一份软件详细设计的功能分析文件给供应商，完成软件生成工作。这种情况下设计院不参与这部分工作。

② 供应商不参与情况下由设计院与原装置厂方专业人员完成软件生成工作。这种工作方式一般适用于老装置技改情况。

在最终进行系统验收时要按 JB/T 5234—01《工业计算机系统验收大纲》进行验收。

2.2.4 硬件设计及选定

在开展详细的硬件设计前，首先要根据装置流程的便于操作及管理的原则进行划分，如乙烯装置一般可分为裂解区、急冷区、压缩区、分离区及公用工程区，可分别设置相对独立的操作岗位。其次要考虑装置的运转环境，如防爆等级、电磁场干扰等，选定能适合这种要求的硬件结构。另外还应从系统安全性方面考虑必要的冗余结构，通常应考虑的是 CPU、通信网络、I/O 卡件及 UPS 的冗余结构。

有关防爆规范要遵守 GB 50058—1992《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》、GB 3836.1—2000《爆炸性环境用防爆电气设备通用要求》。

在存在较强电磁干扰的环境下工作的硬件设备必须满足电磁兼容性 EMC 级别要求，达到 EN50082-2、IEC6100-6 或 GB/T 13926.1～13926.4—1992 要求。

恶劣环境下的硬件柜必须满足至少达到 NEMA4X 要求，以防止潮湿或腐蚀性气体侵入。关于机柜的防护等级要求应遵守 IEC60529 标准。

(1) 本地 I/O 和远程 I/O

无论是 DCS 系统或是由 PLC 组成的控制系统总离不开主控制器和输入输出 I/O 执行模块（卡件）。对输入输出 I/O 执行模块来说有本地和远程之分。本地和远程 I/O 一般是以输入输出 I/O 执行模块到主控制器所在物理位置的距离或连接形式来划分。虽然随着通讯控制网络的发展和普及，仅以距离来划分已不尽严格和全面，但一般对于用硬接线电缆连接的 I/O 总被认为是本地的 I/O。习惯上就地 I/O 一般在几十米范围内，远程 I/O 可达几百米甚至公里以上。它们在功能和使用上的区别如图 30-24 所示。

本地 I/O 方式由于 I/O 卡件和主控制器在一起，它们和被控制设备之间需大量的电缆连接；远程 I/O 则往往被安装于被控设备所在的就地控制箱内，它们和主控制器之间只需一条通讯电缆就可实现连接。当然，就地控制箱和被控制设备间仍需要电缆连接，但其数量和长度已减少到了最省程度，同时这种方式增加了特定的通讯器件。除此之外，远程 I/O 在可靠性、故障率、抗干扰能力上都要优于本地 I/O。远程

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

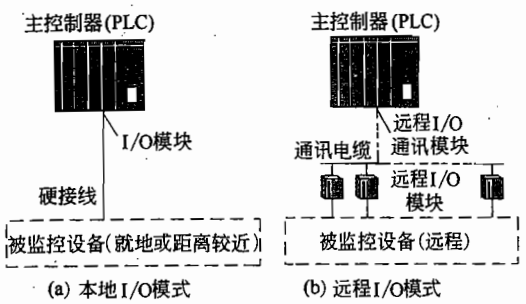


图 30-24 本地 I/O 模式与远程 I/O 模式

I/O 站一般均由智能通讯接口模块和远程 I/O 模块组成，智能通讯接口模块又分为可编程和不可编程两种，这里的编程是指对被控设备的逻辑编程。具有此功能的远程 I/O 站实际上是一个小型可编程控制器，它可节省主系统的软件开销，加强系统实时性。

一个远程 I/O 站的控制点数一般低于 256 点。远程 I/O 由于往往被安装在现场，因此它们具有很高的可靠性和抗干扰能力，通常设计得较为紧凑，易于维护和使用。在控制系统硬件的设计选型时，根据受监控对象与其控制器之间的距离和特点，决定采用本地或远程 I/O，也可二者兼用，一般来说，以下几方面因素是主要考虑的因素。

① I/O 的数量　一般的控制系统，其控制点数少的可以是几十到几百点，大的到几千甚至上万。单就数量上看，大多数控制系统都能满足要求，可根据实际情况选择小型、中型或大型的控制器，选择本地或远程 I/O。控制系统主控制器的点数一般都要包括所有下属的 I/O 点，而不论其是本地或远程 I/O。

② 设备的分布　采用硬接线的本地 I/O，其控制器和被控设备之间大都为几十米之内，距离过远则应考虑施工上的难易、信号的衰减、受干扰的可能性等因素。往往这种情况下选用远程 I/O 可能就比较合理。如果部分设备在控制功能上联系比较密切，相当于一个独立回路或调节环节，实时性要求较高等，则可采用可编程的远程 I/O 站。

③ 整体性的考虑　在控制领域，网络、通讯的发展和应用越来越多，越来越广泛，许多设备的控制器本身已具有上网通讯的功能。如一个智能化仪表、一台变频器到一台带控制器的泵、一套调节阀、一台除尘设备等甚至本身就是一套控制系统。它们除对本身具有的控制功能，往往还留有通讯接口以致可方便地与其他设备通过通讯方式联网并构成系统，其通讯接口一般为某一通用标准接口，如 RS232、RS485、Profibus、DeviceNet、工业 EtherNet 等。而远程 I/O 的通讯接口往往是各厂商自己的标准，或虽是某硬件为标准接口，但协议的深层面上有所不同。所以要和这些设备通讯需要另加通用通讯模块或可编程智能通讯模块。这样，实际最终的控制系统可能已不是一个单一的本地 I/O 或远程 I/O 构成的系统，而是一个综合性的包含多种结构形式的系统。图 30-25 所示便是一常见的 PLC 控制系统，它包含了本地和远程 I/O 及各类其他智能设备。

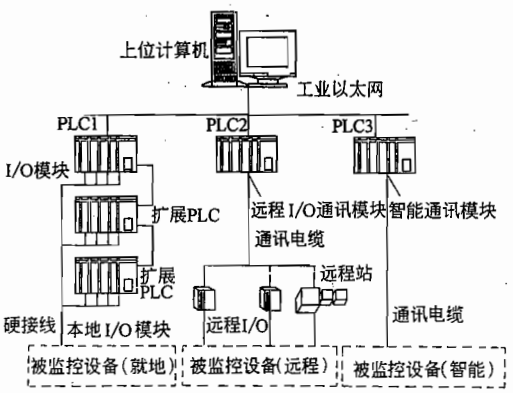


图 30-25 常见 PLC 控制系统

另外，系统的可靠性、经济型、兼容性、可扩展性等也是在控制系统硬件的设计选型时必须考虑的因素。

(2) 冗余考虑

在许多重要的场合，工厂、工艺或设备对系统运行的连续性、不间断性及可靠性要求较高。这就要求自动控制系统有一定的容错能力，这时候的设计应考虑采用冗余系统或热备系统。DCS/PLC 控制系统采用冗余系统后，当主控制器、控制器件（I/O 模块）或电源发生故障不能继续正常工作时，另有相应的冗余设备会及时投入工作，从而保证整个控制系统不间断地正常运行。

① 主机冗余　指 CPU 的热备冗余，是最常用也是最基本的冗余方式。根据冗余主机的数量有双重冗余和三重冗余之分，三重化冗余由于大都采用二对一表决方式来决定谁是否正确，因此也被称作三重表决系统。它由于成本高且系统复杂，通常被用于较为重要的场合。常见的多数为双机冗余系统。图 30-26 所示即为一个典型的双机冗余系统。在此方式下两台 CPU 主机和备机同时运行相同的程序，但仅当前的主机在对系统实施控制，只有主机才会发控制命令或者说它发出的输出指令才会经由各种 I/O 执行装置去控制现场设备。为和主机的冗余相对应，在与上位计算机和下级 I/O 控制器联网时有时采用双网结构（虚线部分），当然这样就同时也要求挂在网上的所有部件也具有支持双网形式的功能。上位计算机上的应用组态软件平台也必须支持 CPU 和双网冗余。事实上许多上位机组态软件均支持双网冗余。

在两台冗余的 CPU 主机和备机间发生主备切换

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

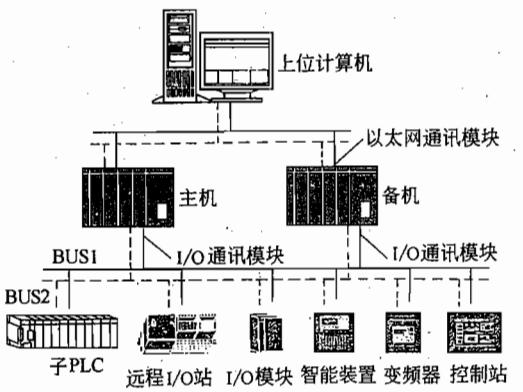


图 30-26 典型双机冗余系统

的过程是一极为短暂的瞬间，这一瞬间被称为切换时间。在此切换时间段内，所有的输入输出信号都被保持住，但对输入的正常响应也被暂停了，或者说被滞后了，直到备机投入工作后控制过程才会被继续下去。虽然这一瞬间极为短暂，且对系统不会产生什么影响，但显然这一切换时间的长短是衡量冗余系统的最重要指标之一。

从冗余功能实现的方式上看，有以硬件方式实现和以软件方式实现两种，即通常所说的硬冗余和软冗余。图 30-27 所示为 GE90-70HSB 双机热备系统，它是以硬件实现的冗余系统，具有以下特点。

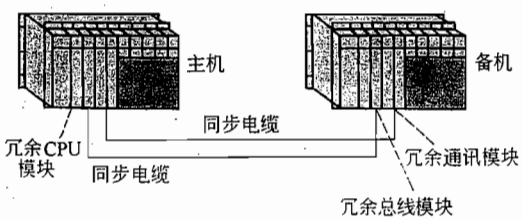


图 30-27 GE90-70HSB 双机热备系统

a. 专用的冗余 CPU。

b. 特定的冗余通讯模块和总线模块，主、备机之间由专门的同步电缆连接，在运行过程中始终保持状态控制数据的同步传输。

c. 在每一扫描周期内进行两次数据传输检查和一次完整性检查。

由于两个 CPU 的扫描过程都是同步化进行的，保持着主、备 CPU 的同步工作，从而在两个 CPU 切换时对系统的影响和扰动降到最低限度，即实现无扰动切换。用软件方式实现冗余则完全不同，软件冗余通常是在原 CPU 内存加入专门的冗余软件程序，由此软件程序来判断主、备 CPU 是否需切换，并控制切换的过程。因此，软件冗余方式相对来说其切换时间要长，切换的无扰动性能也就较差一些。软件冗余切换时间和应用程度的大小也有关。但软件冗余的方式简单、可靠、易行，无须增加什么硬件组件，费用成本低的特点仍使其得到了广泛的应用。图 30-26 即为软件冗余的例子。

② I/O 冗余 指在信号的接受和信号输出时的容错考虑。冗余的信号先输入到 CPU 主机进行运算、表决，得到的结果送给输出模块组再进行表决后输出。

输入系统的冗余配置有多种多样的形式，现场信号的引入可以是单信号、双重信号或三重信号。图 30-28 所示是两种不同的冗余信号输入系统，其中 BUS1 和 BUS2 分别上连在两台有冗余功能的主控制器。

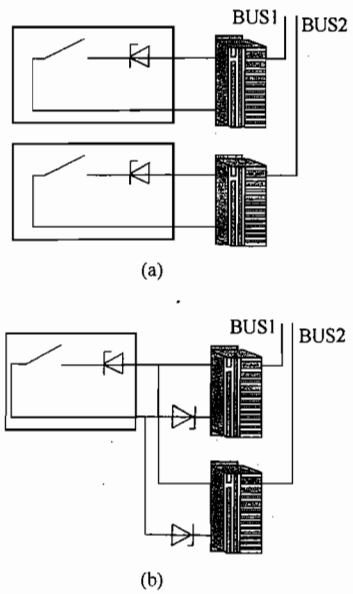


图 30-28 两种不同的冗余信号输入系统
（a）双信号冗余输入；（b）单信号冗余输入

输出系统的冗余配置包括四模块的 H 型、二模块的 I 型和 T 型等。模块组中每个在系统应用程序中的相同的参考地址使每个模块都会接收到相同的输出数据，在收到 CPU 来的输出信号后，模块组再进行表决，其结果作为最后的物理输出。图 30-29 为 H 型配置，四块模块通过三条 I/O 通讯线控制，并分别从三个冗余 CPU 上得到输出指令。这种容错结构为故障安全（Fail Safety）型。同样，图 30-30 中的 I 型系统是一用于双冗余系统的故障安全型结构，而与此不同的图 30-31 所示的 T 型系统则为一应用于双冗余系统的成功安全型结构。在上述例子中，用于 Source 侧和 Sink 侧的模块虽同为输出模块，但功能有很大区别，其型号也不同，在选型时应注意。

③ 电源冗余 与上述 CPU 主机的冗余不同，电源冗余或称热备电源是指对电源或电源系统的热备冗

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

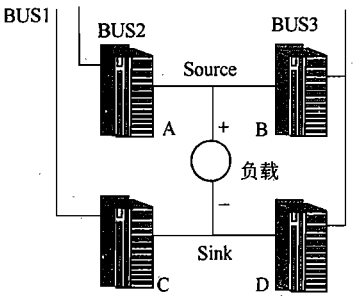


图 30-29 H 型系统

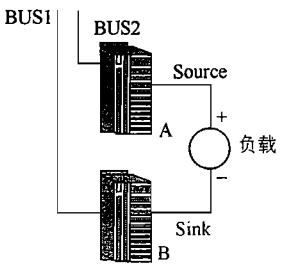


图 30-30 I 型系统

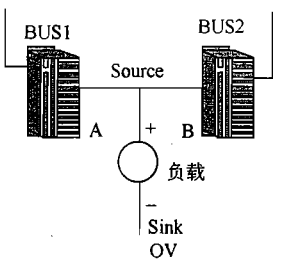


图 30-31 T 型系统

余。在电源易受到干扰或不稳等场合应用较多。由于这类电源所提供的功率较小，所以它一般仅针对控制系统中核心部分供电，图 30-32 中两个电源为普通电源，它们互为热备，控制器在检测到一台电源发生故

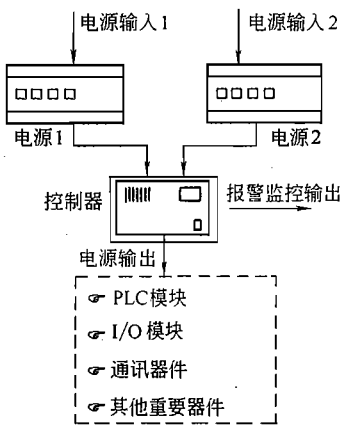


图 30-32 两个电源互为热备

障，如电压低于某一值时关闭故障电源，并抽入备用电源，进行无扰动切换，同时报警，从而保证供电的连续。两路电源输入如有条件宜分别取自两路不同的供电来源。

现有的控制器中也可支持双电源热备的形式（见图 30-33），一般用于仅对 CPU 或主机架有电源冗余要求的场合。此电源不对主机架以外的设备供电。

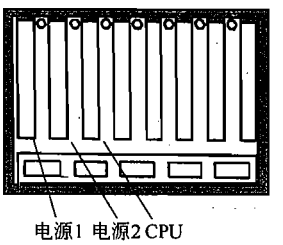


图 30-33 双电源热备

(3) 备品及空间的考虑

在设计控制系统时，由于在设计阶段存在着众多的不确定因素，这些因素有客观上的原因，如规划、计划、后期的发展和分阶段投入等方面的考虑，也有主观上的原因，如设计考虑不周全等，因此，通常在设计时都或多或少考虑留有一定的空间，以备不时之需。

对一般备用空间的考虑，如 I/O 卡件等，除去我们已知的日后计划肯定要加的设备外，习惯上考虑是另留有 10% 的余地。现使用的控制装置，如 DCS/PLC 等的 I/O 卡件几乎都是以 16 点或 32 点（模拟量以 4 点或 8 点）等作为基本的最小单位。在实现具体设计和分配每一卡件的使用时往往是宁用下一卡件而不用足它们本身的 16 点或 32 点，而在最后再考虑留出一定的余量。在这种情况下笔者认为要求 I/O 点的余量不低于 5% 作为备用一般已够用。这里应注意，余量是指 I/O 点而非指 I/O 卡件。

对于整体方面，设计考虑时往往也要在系统兼容性，控制系统对外的通讯接口和协议等方面留有余地，这方面的要求对控制系统来说也是基本要求之一。如果系统将和某些不太了解或熟悉的系统，如进口设备、特殊的专用系统有联系，则更应该注意事先做好足够的技术准备。

需要特别注意的是，随着自动控制系统的完善和大型化，系统 I/O 和系统应用软件余量和兼容方面的考虑也不容忽视。现在许多商业化的应用组态软件和点数是有关的。

(4) 操作站的设计

带 CRT 操作台是 DCS/PLC 控制系统操作用人机接口。究竟配置多少台取决于装置控制系统、流程复杂程度、操作区域划分及操作人员对系统的熟悉程度和水平。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

据报道，在美国及日本每个操作工可在一个操作台上监控100～200个简单控制回路。1990年引进的乙烯装置每个操作站监控60～70个控制回路。总之，提供适量的操作站要便于操作者对装置进行有效的监控。

对大型系统应配置工程师站以对系统进行软件修改及进一步开发。

对于一定规模的装置，建议至少考虑配置2台操作台，为安全原因也可考虑2用1备方案。

(5) 其他外围设备设计

① 对于一定规模的装置，除了应配置记录打印机外还应配置1台事件打印机，专门用来打印重大事件。

② 对于重要的联锁报警点（如全装置停车，供电故障，消防系统故障等）应在操作台上设置闪光报警器。

③ 可设置模拟记录仪用于在线分析量的连续记录。

2.2.5 网络结构选定

网络现在已越来越多地在我们日常的学习、生活、工作中起着重要作用，在自动化控制领域更是离不开网络。此领域所用的大都为局域网，即在一小区域内将各台计算机、设备等通过某种传输介质连接在一起组成的网络。

网络的基本常见结构如图30-34所示。实际应用中有时是多种结构的组合，有时为提高网络的可靠性，常采用双总线或双环方式。构成网络时，以下基

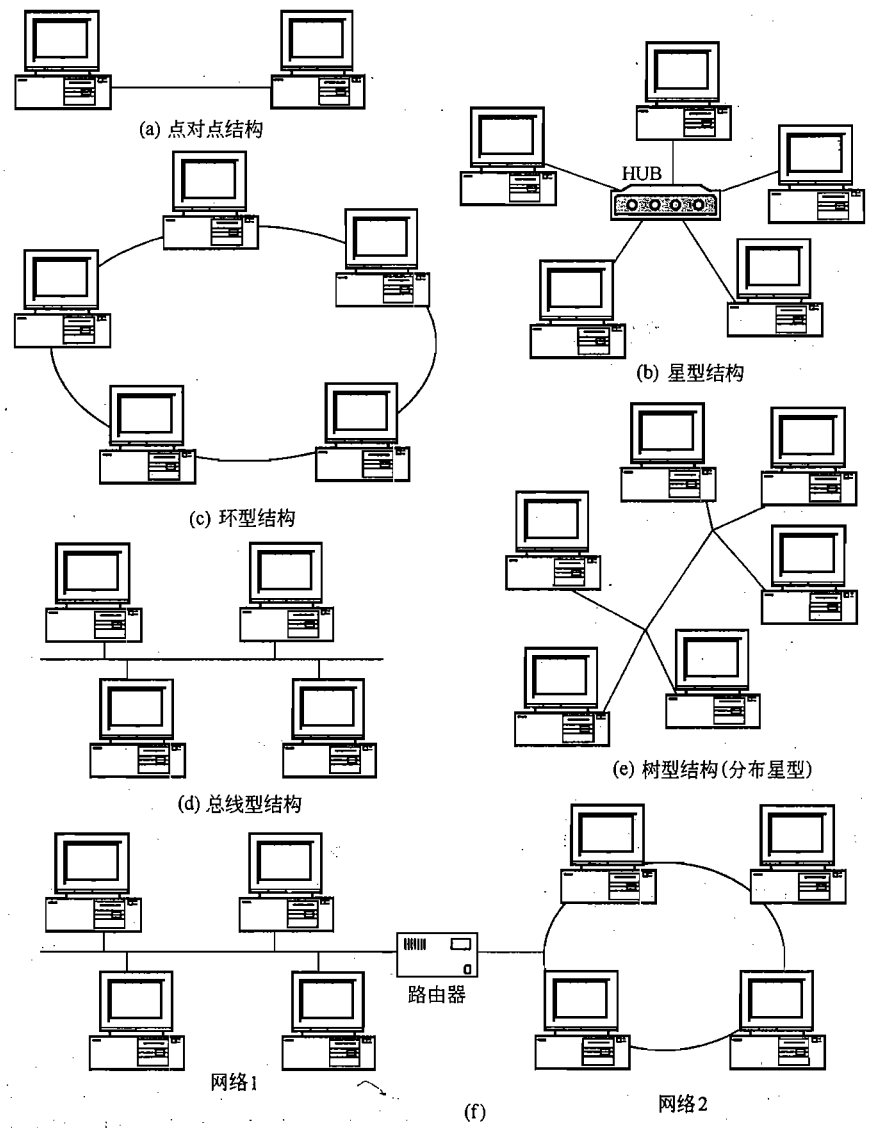
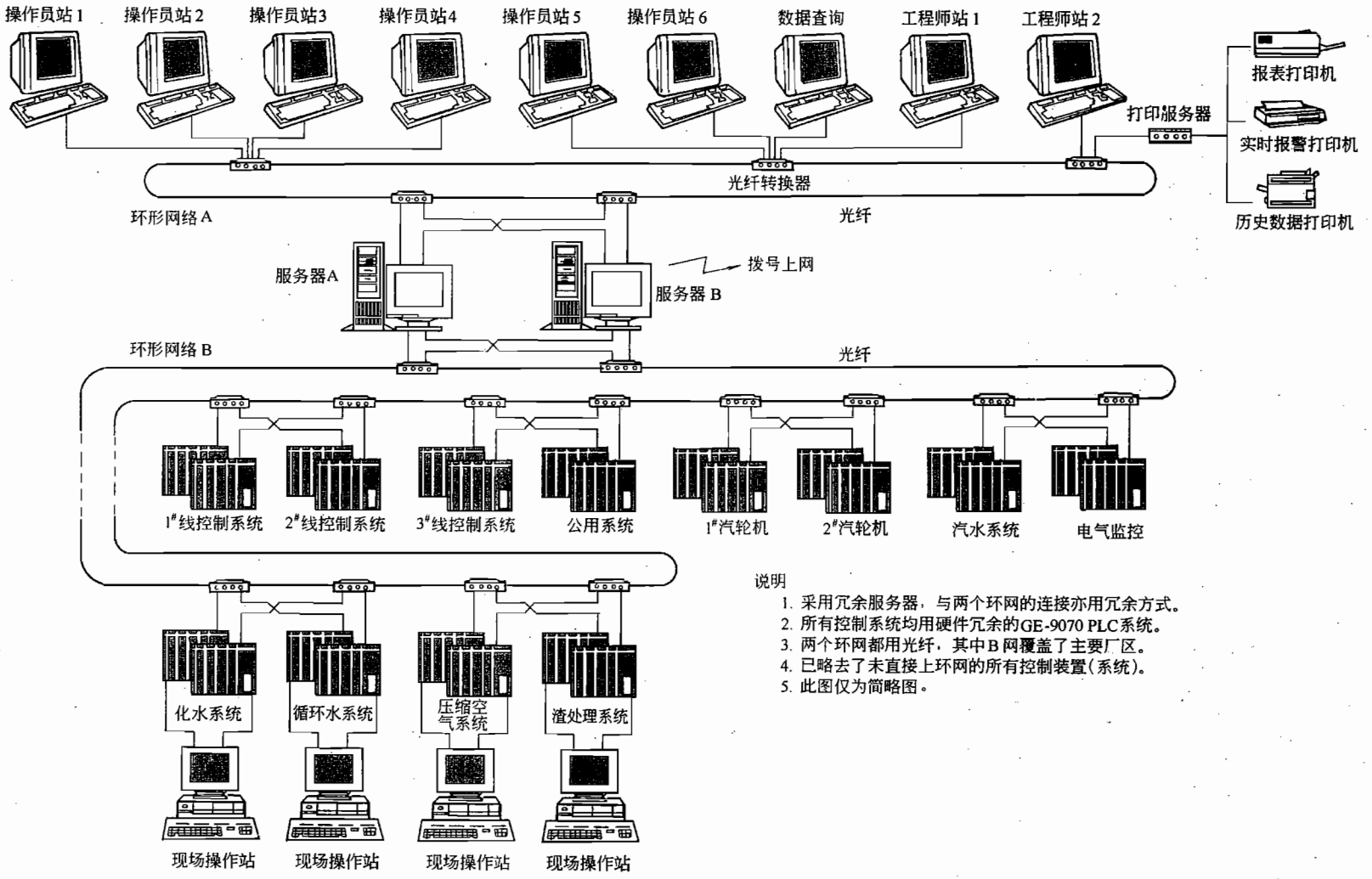


图30-34 网络基本常见结构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



说明

1. 采用冗余服务器，与两个环网的连接亦用冗余方式。
2. 所有控制系统均用硬件冗余的GE-9070 PLC系统。
3. 两个环网都用光纤，其中B网覆盖了主要厂区。
4. 已略去了未直接上环网的所有控制装置(系统)。
5. 此图仅为简略图。

图 30-35 某环保电厂的网络系统

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

本设备往往是必须的。

① 网卡 又称网络接口模块或网络适配器，不同类型的网络配用相应的网卡。它一般由支持本类网的接口、收发器及控制器三部分组成。

② HUB 又称网络集线器如图 30-34（b）所示，其主要功能是为网络的扩展和接入提供一种手段，使网卡之间能方便地联系起来。在大多数情况下，HUB对网络无任何控制功能。

③ 路由器 当有两个或多个网络连接时，需使用路由器。路由器有时也称网关，它的功能是将几个独立的物理网络连接成一个网络系统，并在网络之间传送数据，如图 30-34（f）所示。

此外，网络构成时往往还需要各式各样用途的适配器或转换器。而所谓适配或转换的概念比较广泛，关键看其用途。例如，计算机在与光纤连接时需要光纤转换器；在不同类网络如 RS232 与 RS485、RS485 与以太网相连接时要用专门的转换/适配器；有时可能虽为同类网络，但接口形式不同，则可能要用到像 AAUI/RJ45 接口转换/适配器；当连接网络的电缆长度过长时，可能需要用重复/转发器（REPEATER）等。总之，其种类繁多，且叫法可能也不同，在设计使用时只要把握住用途和功能即可。

网络连接少不了通信介质，即通信电缆。三种最常用的方式是双绞线、同轴电缆和光纤。双绞线价格最低，使用方便，易于连接，但信号衰减较大，传输距离也较近；同轴电缆价格也不高，传输性能高，其传输距离也不远；光纤的传输距离最大，数据安全性、抗干扰性等俱佳，现在正被大量使用，但其焊接施工相对较麻烦，需用专用设备。在使用成本上，光纤的费用正逐步下降。对于较大自动化控制网络工程使用光纤的优势更为明显。

图 30-35 所示为某环保电厂控制系统结构。

3 安全仪表系统

安全仪表系统（SIS）是为防止生产装置发生故障引发人身伤亡或设备损坏导致装置重大事故而设置的安全保护装置，一般采用可编程 PLC。

随着生产技术的发展，设计的操作指标离安全临界点越来越近，造成发生危险的可能性也增加，所以越来越多的用户对生产过程的安全性十分重视，根据工艺装置的安全等级对安全仪表系统提出了等级要求。

(1) 安全仪表系统的要求

① 系统本身结构是“故障安全型”。

② 系统必须具有事故（硬件及软件）自诊断及报警功能。

③ 系统必须具有在线软件组态及修改功能。

④ 系统必须具有与 DCS 通信功能。原则上，安全仪表系统与基本控制系统（例如 DCS）应该分开设置。

⑤ 系统必须具有按不同生产岗位及安全重要性设置不同的使用人权限功能，如设置权限密码等。

⑥ 系统必须具有快速事件扫描功能及第一事故分辨记录功能。

⑦ 系统的软件方面也应遵守 IEC61508-3 标准，软件结构本身要满足生产安全的特殊要求。

(2) 安全完整性等级（SIL）

不同的生产过程有不同的生产安全要求，IEC 61508-5 给出了确定安全完整性等级方法的若干例子。作为工艺人员，在提交自控设计人员开始设计安全仪表系统前应明确工艺生产装置的 SIL 等级，必须设计相应 SIL 等级的系统结构（硬件及软件）。SIL3 的安全等级比 SIL1 高，因此系统价格也愈昂贵。表 30-11 及表 30-12 可以确定不同的系统安全等级（按 IEC 61508-1 标准规定）。

表 30-11 低频率要求操作方式下的 SIL 等级划分

SIL 等级	低频率要求下实现安全功能的平均故障概率
4	$\geqslant 10^{-5} \sim < 10^{-4}$
3	$\geqslant 10^{-4} \sim < 10^{-3}$
2	$\geqslant 10^{-3} \sim < 10^{-2}$
1	$\geqslant 10^{-2} \sim < 10^{-1}$

SIL 等级体现了要求停车而不动作的概率，以 SIL3 的数值为例，平均每 10 万次装置要求停车，安全仪表系统不动作的次数 1～10 次。

表 30-12 高频率要求或连续操作方式下的 SIL 等级划分

SIL 等级	高频率要求或连续操作方式下每小时危险故障概率
4	$\geqslant 10^{-9} \sim < 10^{-8}$
3	$\geqslant 10^{-8} \sim < 10^{-7}$
2	$\geqslant 10^{-7} \sim < 10^{-6}$
1	$\geqslant 10^{-6} \sim < 10^{-5}$

① 低频率要求操作方式（Low demand operation mode）。即对安全系统的运作频率每年不多于 1 次且测试频率每年不超过 2 次的操作方式。

② 高频率要求或连续操作方式（High demand or continuous operation mode）。即对安全系统的运作频率每年多于 1 次且测试频率每年多于 2 次的操作方式。

关于安全系统的定期测试要求详细参阅 IEC 61508-1。为了使安全系统长期安全可靠运转，定期对系统进行测试是十分重要的。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 安全系统的认证

随着安全标准的推出及对安全系统的选用，安全系统的认证也变得重要起来。表 30-13 列出了 DIN，IEC 和 ISA 三个标准的安全要求等级对比情况。德国的 TÜV（Technischer Überwachungs Verein）机构为国际上著名的具有权威性的系统安全等级论证机构之一。在设计或选用安全仪表系统时，必须使系统的安全完整性等级能满足工艺生产装置的安全要求，这是至关重要的设计准则。根据经验，石化生产装置一般选用的安全仪表系统的等级为 SIL3 级。

表 30-13 安全等级对照

DINVDE0801	IEC-61508	ISA-S84.01
AK1	SIL1	SIL1
AK2	SIL1	SIL1
AK3	SIL1	SIL1
AK4	SIL2	SIL2
AK5	SIL3	SIL3
AK6	SIL3	SIL3
AK7	SIL4	
AK8	SIL4	

(4) 相关标准

① IEC 61508 针对由电气、电子和可编程电子部件构成的安全仪表系统，提出了对其进行风险定量评估的通用方法。该标准的修订版已将变送器、执行器纳入“安全仪表系统”的范围。

IEC 61508-1 一般要求
IEC 61508-2 安全系统的要求
IEC 61508-3 软件要求
IEC 61508-4 定义及缩号
IEC 61508-5 确定安全完整性等级方法的例子
IEC 61508-6 IEC 61508-2 及 IEC 61508-3 应用指南
IEC 61508-7 技术和方法概述

② 对工艺流程领域的运用，IEC 61508 有些不灵活。IEC 推出了 IEC 61511“过程工业领域安全仪表系统的功能安全”，为过程工业的应用提供了灵活性，同时又完全符合 IEC 61508 规定的基本要求：

IEC 61511-1 框架、定义、系统、硬件和软件要求
IEC 61511-2 第 1 部分的应用指南
IEC 61511-3 确定要求的安全完整性等级指南

4 控制系统

在生产过程的控制系统中大多数选用单回路反馈控制系统已足够解决问题。所谓单回路反馈控制系统为单变量（单输入、单输出）控制系统。

这种控制系统仅考虑过程中某个单一过程变量的变化，通过调节一个操作变量使该过程变量达到预期要求的稳定值。实际上由于生产过程的高速度及高质量要求，又由于事实上从生产对象内部机理出发，影响某个过程变量改变的不仅仅也不可能是一个干扰，且有时要使过程变量保持稳定，也不仅仅是一个可作为操作变量，这就引出了多输入、多输出的复杂调节系统的概念。以下将重点对各种复杂控制系统进行说明。

4.1 串级控制系统

4.1.1 原理

串级控制系统是由两个控制器串联组成的系统，通常所谓主控制回路及副控制回路，且主回路控制器输出作为副回路控制器的设定值，对副回路控制器来说，这种设定方式并非取自本机，故常称为外设定方式（remote set mode），而主控制器的设定方式则取自本机，称为内设定方式（local set mode）。

下面以加热炉出口被加热物料温度为主环，加热燃料流量为副环组成的串级控制系统来说明串级控制系统原理。图 30-36 所示为典型的串级控制方式。图中加热炉出料温度为被控制变量，加热燃料流量为操作变量。工艺要求通过改变加热燃料量保持出料温度稳定。

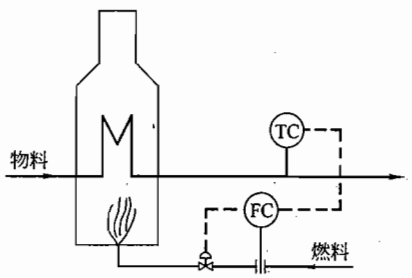


图 30-36 典型串级控制方式

根据工艺热量及物料平衡计算，从静态方面考虑要保持出料温度为稳定值，对应加热燃料量也为某一个流量值（假定加热燃料的热值不变）。可以想象，当来自加热燃料系统的干扰（如燃料泵出口压力波动等）造成燃料流量波动时必然会引起炉出口物料温度波动，如果不设置燃料流量控制回路作为副环控制回路，由于加热炉热交换过程较慢（由过程热容量大引起），当出口温度控制器发生偏差再去改变燃料流量，必然会引起出口温度动态偏差较大。如果考虑了把燃料流量控制回路作为副环串入物料出口温度控制回路中，此时燃料流量不仅可按主环控制器要求进行改变，也可通过副环控制器克服来自燃料系统的干扰，使炉出口物料温度保持稳定。且由于作为串级控制系统副环的燃料流量控制回路的过程响应速度比主环要快得多，有利于把来自副环的干扰通过副环回路快速校正，而不至于过量影响到主环的控制品质。图 30-37 所示为串级控制系统框图。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

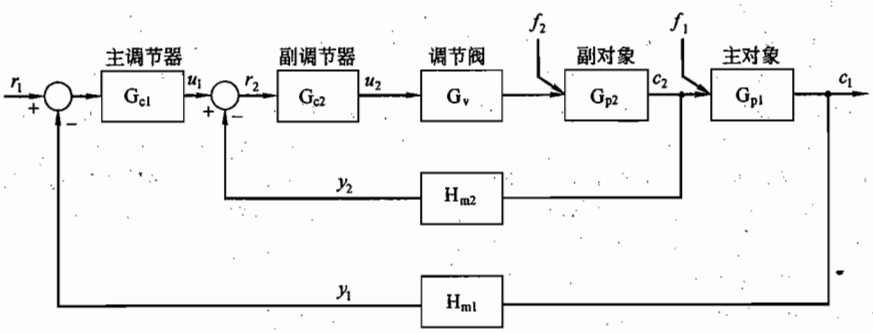


图 30-37 串级控制系统框图

图 30-37 中，c_1 称为主被控变量，使它保持平衡是控制的主要目标，r_1 称为主设定值，控制器 G_{c1} 称为主控制器；c_2 称为副被控变量，G_{c2} 称为副控制器。副控制器 G_{c2} 的设定值 r_2 就是主控制器 G_{c1} 的输出 u_1。显然，副控制器 G_{c2} 是在外设定情况下工作的，它的输出 u_2 操纵执行器 G_v。H_{m1} 和 H_{m2} 分别为主、副被控变量的检测变送单元，y_1 和 y_2 分别是主、副被控变量的测量值。

习惯上把副控制器 G_{c2} 与 G_v、G_{p2}、H_{m2} 等环节构成的回路称为副回路，把主控制器 G_{c1} 与 G_{c2}、G_v、G_{p2}、G_{p1}、H_{m1} 等环节构成的回路称为主回路。这里的 G_{p2} 称为副对象，G_{p1} 有时称为主对象。

f_1 和 f_2 分别为主、副环对象的外界干扰。

4.1.2 工程设计应考虑的问题

(1) 回路广义对象特性的匹配

应把引起主环回路被控量不稳定的工艺变量包含在副环回路中与主环组成串级控制系统，且应使副环回路的广义对象时间常数比主环回路的广义对象时间常数要快 3 倍以上，才能获得较理想的调节品质。

(2) 防积分饱和问题

通常主环回路被控量（如图 30-36 中的炉出口物料温度）保持稳定是工艺过程的要求，因为主环控制器通常引入积分调节功能。在串级系统投运时，通常先投运副环，使副环控制器由手动逐步切换到自动方式（如图 30-38 所示），这时副环控制器处于本机内设定 LSP 模式（图中位置 LSP_2），而主环控制器的输出未投入副环控制器而处于开环状态。调节阀 GV 的开度仅受副环控制器控制，而使副环被控制量获得稳定（即 $LSP_2=PV_2$）。显然，这种控制阀开度未考虑主环控制器的操作要求，致使主回路的工艺变量 PV_1 无法达到主环设定值 LSP_1（即 $LSP_1 \neq PV_1$），也即此时主控制器存在偏差，由于积分作用的存在会使主控制器的输出出现所谓积分饱和问题。因此主环控制器必须具有抗积分饱和功能。选用 DCS/PLC 系统对主环控制器进行控制软件组态必须有所考虑。

(3) 无扰动切换问题

① 测量值跟踪（PV 跟踪）。以上提及串级控制系统的投运是先副环后主环的原则。副环投运过程是先把副环控制器置于手动方式（图 30-38 中 1 位置），这时副环控制器开环，调节阀由操作者用手动方式驱动控制阀使副环变量 PV_2 改变到满意值。为使副环控制器由手动状态切换到自动状态控制器不产生扰动，显然应使副环控制器的本机设定值 LSP_2 始终跟踪手操时的工艺变量（即 LSP_2 跟踪 PV_2），副环控制器才能在无偏差（无扰动）状态下完成由手动方式到自动方式的切换。这种 LSP 跟踪 PV 的功能称为 PV 跟踪功能。在用 DCS/PLC 对串级控制回路副环控制器进行控制软件组态时必须予以考虑。

② 设定值跟踪（SP 跟踪）。当副环投入自动状态时（图 30-38 2 位置），主环控制器输出 C_1 未连接副环控制器。此时副环控制器在本机设定值 LSP_2 下进行自动控制（即副环处于自动模式），使主环控制器的输出 C_1 跟踪副环控制器 LSP_2，即 $C_1=LSP_2$，才能实现副环控制器由自动状态到串级状态的无扰动切换。这种功能称为设定值跟踪功能。

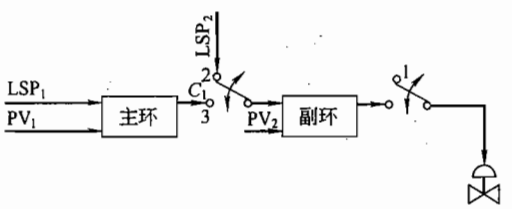


图 30-38

4.2 均匀控制系统

均匀控制系统可以为简单控制系统，也可以是串级控制系统。其目的是使两个相互有关的工艺被控变量达到兼顾均匀控制，故称均匀控制系统。

比较典型的均匀控制系统应用如二塔串联流程的前塔液位和后塔进料流量的串级控制系统（见图 30-39）。

从过程生产要求出发，保持塔的液位及进料恒定

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

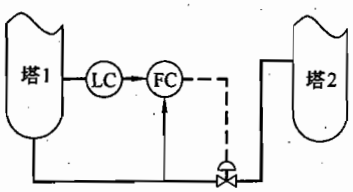


图 30-39 二塔串联流程的均匀串级控制系统

对塔的平稳操作有益。从图 30-39 可知，塔 1 的出料即为塔 2 的进料，对塔 1 保持液位恒定是其要求，但对塔 2 来说进塔的流量力求平衡。图中的液位及流量串级均匀控制系统就兼顾这种控制要求。

可以对两个控制回路的控制器控制参数整定到适当范围，如对液位控制器比例度及积分时间设置大些，使该控制回路不那么强调液位严格稳定，使液位允许存在一定波动且不影响塔 1 的稳定操作。而此时塔 2 的流量控制器又能保持塔 2 的进料稳定，利于塔 2 的平衡操作。

至于简单回路组成的均匀控制系统也是通过参数整定来实现的，当然控制效果不如串级均匀控制系统，且应用实例不多，这里不作详细说明。

4.3 比值控制系统

4.3.1 控制原理

比值控制系统一般是为了保持两个流量值达到一定的比值关系，这种系统被广泛应用在生产过程中。比值控制系统通常有以下两种形式。

(1) 单闭环比值控制系统

控制系统及框图分别见图 30-40、图 30-41。

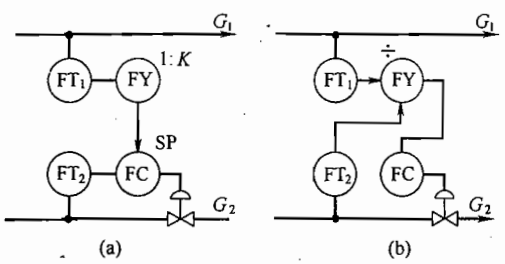


图 30-40 单闭环比值控制系统

图 30-41 (a) 中比值控制系统调节器设定值为流量值而图 30-41 (b) 中调节器的设定值为两个流量的比值。由于这两种控制系统中的流量 G_1 回路无调节器，所以这是个开环回路。这种控制系统只能保证两个流量比值稳定，并不能保持两个流量的负荷稳定。大多数场合下这种控制系统可作为串级控制系统的副环回路，而其他热工参数如温度、分析量的控制回路作为主环回路，构成串级比值控制系统。

(2) 双闭环比值控制系统

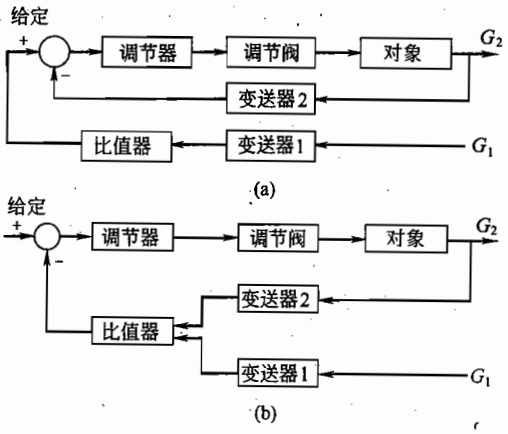


图 30-41 单闭环比值控制系统框图

控制系统及框图分别见图 30-42 及图 30-43。

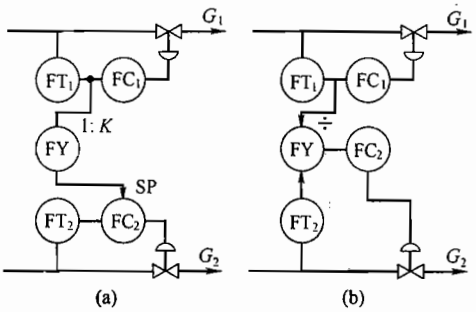


图 30-42 双闭环比值控制系统

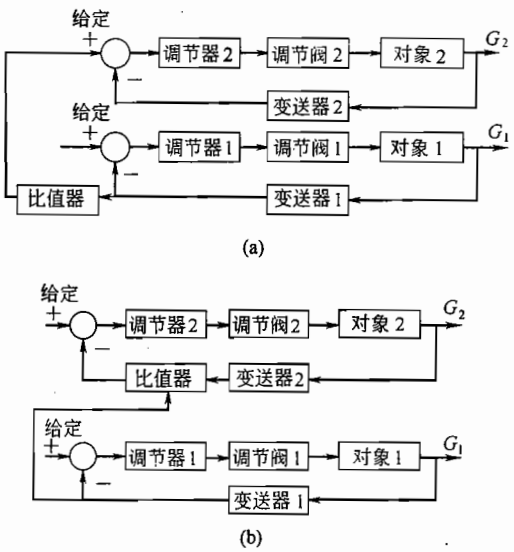


图 30-43 双闭环比值控制系统框图

图 30-43 (a) 调节器 2 的设定值为流量值而图 30-43 (b) 的设定值为两个流量的比值。图中两个流

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

量控制系统都为闭环回路，所以这种双闭环比值控制系统不仅能使两个流量比值稳定，而且还能保持系统的负荷稳定。

4.3.2 工程设计应考虑的问题

(1) 主动量和从动量的选择

在单闭环系统中，G_1 流量不控制，而 G_2 流量可控情况下，用 G_1 作为主动量，G_2 作为从动量。

在双闭环系统中，G_1 流量和 G_2 流量都进行控制，但必须从生产安全角度出发选定主动量。如乙烯装置裂解炉中的裂解原料量及稀释蒸汽量的配比控制系统为了获得所需的烃分压以得到预期的裂解气中乙烯收率，显然进入裂解炉原料量决定了裂解炉负荷即乙烯的产量应为主动量，稀释蒸汽流量应以比值关系按裂解气原料要求进行控制为从动量，组成的比值控制系统见图 30-44。

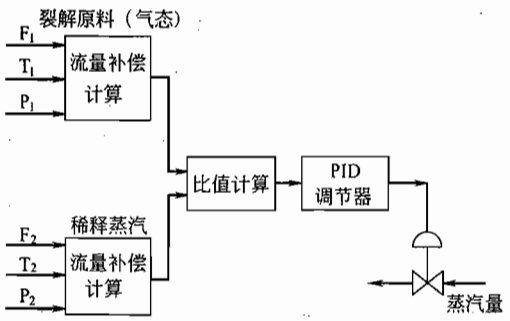


图 30-44 乙烯裂解炉油/汽比值控制系统框图

(2) 流量温度、压力补偿问题

在生产过程中，为了考虑物料平衡及热量平衡，要把各种不同工况下的流量值换算为某个设计基准状态下的流量值，以达到严格的在此基准下的流量比值控制，为此要对流量（尤其是气体流量）进行温度、压力补偿计算，常用的算式如下。

在用孔板等节流装置非线性测量装置情况下

$$F_{REF}=F_{TAG}\sqrt{\frac{T_{REF}P_{TAG}}{P_{REF}T_{TAG}}} \qquad (30\text{-}1)$$

在用转子流量计等线性测量装置情况下

$$F_{REF}=F_{TAG}\frac{T_{REF}P_{TAG}}{P_{REF}T_{TAG}} \qquad (30\text{-}2)$$

式中 F_{REF}——设计基准下（通常考虑为标准状态下）的流量值；

T_{REF}——设计基准温度值，K；

P_{REF}——设计基准压力值，kPa；

F_{TAG}——运转状态下的流量值；

T_{TAG}——运转状态下的温度值，K；

P_{TAG}——运转状态下的压力值，kPa。

4.4 分程控制系统

4.4.1 控制原理

一个控制器的输出同时操作两个或两个以上执行机构，而这些执行机构的工作范围又不相同，这种系统称为分程控制系统。在生产装置中一般都用两个执行机构，下面以真空蒸馏为例进行说明（见图 30-45）。

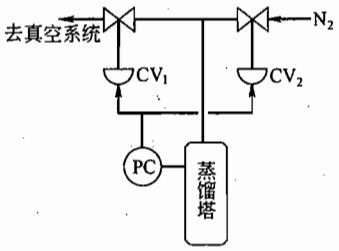


图 30-45 蒸馏塔塔顶真空压力分程控制系统

蒸馏塔塔顶真空压力分程控制系统中，塔顶压力控制器输出同时操作两个调节阀 CV_1 及 CV_2。当塔顶压力大于压力设定值时，把 CV_1 开度增大，把 CV_2 开度关小；反之，当塔顶压力小于压力设定值时，把 CV_1 开度关小，把 CV_2 开度增大。

图 30-46 所示为调节器输出特性，假如调节器为正作用调节器，则当过程变量（塔顶压力）增加时调节器输出也增加。

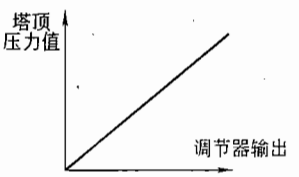


图 30-46 调节器输出特性

图 30-47 所示为阀分程动作，当压力增加时开大去真空系统 CV_1 开度，同时开小 N_2 加入量 CV_2 的开度。通过两个调节阀操作可使压力回复到调节器设定点上。

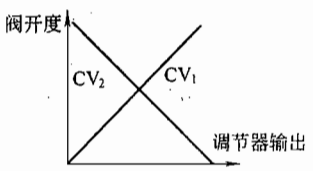


图 30-47 阀分程动作

4.4.2 工程设计应考虑的问题

(1) 调节器及执行机构正反作用的匹配问题

从生产过程控制机理出发要对调节器的正反作用

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

模式及执行机构正反作用特性正确选定。图 30-46 的调节器输出特性为正作用模式（DIRECT），即工艺变量 PV 增加时调节器输出也增加，这种情况下执行机构 CV_1 应选正作用方式，即输入增加（对应调节器输出增加），阀门开度增加，而执行机构应选用反作用方式，即其输入增加，开度减少。如果上例调节器为反作用模式（REVERSE）的场合，两个执行机构的作用方式应另作考虑。

(2) 控制分程功能的实现

通过执行机构定位器实现分程控制功能，这是一种通过硬件的调整的手法。用这种方法要求对两个执行机构的不同工作范围必须进行较严格的分析，因为定位器的分程范围是通过定位器机械部件调整而得到的，一般比较难改变，如果选用智能定位器调整较方便。

通过 DCS/PLC 输出卡件调整两个执行机构的分程工作范围，这是一种通过软件调整的方法，修改比较方便。

4.5 选择性（超驰）控制系统

4.5.1 控制原理

生产过程中一个被控量往往会受到多种条件的约束，根据此约束条件，为使被控量保持稳定，对几个操作量进行选择性的控制，这就构成了选择性控制系统。

现举乙烯裂解炉燃料气的热值指数（WOBBE）及燃料气压力选择性控制系统为例，控制系统见图 30-48。

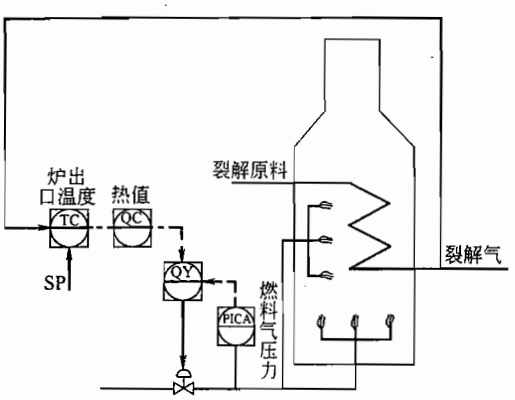


图 30-48 乙烯裂解炉燃料气压力选择性控制系统

维持裂解气出口温度稳定是工艺生产的要求，操作量为燃料气量（也可为燃料气压力）。燃料气的热值指数（WOBBE）变化为影响炉出口温度变化的主要干扰，所以组成一个以炉出口温度为主环、热值为副环的串级控制系统。但当燃料气压力过低时，裂解炉无法正常运转，甚至会发生炉膛熄火引起裂解炉停炉事故，这种情况下燃料气压力控制器通过选择器（图中为高值选择器 QY）把燃料气压力控制器 PICA 选择为副环，而把热值控制器 QC 切除掉，这时炉子处在出口温度 TC 为主环，燃料气压力为副环的串级系统控制中。上例中，通常把燃料气热值控制器 QC 称为正常控制器，燃料气压力控制器称为超驰控制器。

4.5.2 工程设计应考虑的问题

(1) 选择器逻辑功能的正确选定

图 30-48 所示的例子即为这种类型。这种类型的选择性控制系统在生产中应用较为普遍。选择器在系统中要根据被控量之间存在的正常运转及事故状态下的约束条件进行逻辑运算。从生产操作机理出发确定可行的逻辑运算关系是实现选择性控制的必要条件。

(2) 防积分饱和措施

两个控制器都具有比例积分 PI 功能时，当一个控制器被另一个控制器切换掉后，偏差依然存在，且在开环状态下存在一段较长时间，这个被切换控制器对偏差长时间积分运算将出现积分饱和现象。这里所说的积分饱和现象，当偏差回复为零后，控制器的输出仍然要超出规定的上、下限范围，这是一般定义的积分饱和现象。

在选择性控制系统中，上述现象会导致偏差为零时两个控制器的输出不能同步，以致无法及时切换，使控制系统产生严重后果。为了防止这种现象产生，可把选择器的输出作为两个控制器的积分正反馈信号，如图 30-49 所示。

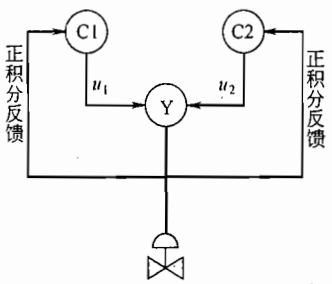


图 30-49 选择性控制系统防积分饱和措施

当控制器 1 被选时，其输出为 $u_1 = u_2 + K_{c1} e_1$；当控制器 2 被选时，其输出为 $u_2 = u_1 + K_{c2} e_2$。式中，K_c 为控制器增益，e 为控制器偏差（SP－PV）。

由上面二式可知，$e_1 = 0$ 或 $e_2 = 0$ 时，$u_1 = u_2$ 可以达到及时同步切换的目的。在 DCS 控制系统也是按此原理通过软件组态来实现同步切换功能的。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.6 前馈控制系统

4.6.1 控制原理

反馈控制系统的功能是，当被控量与设定值存在偏差时，控制器调整操作量使上述偏差趋向于零。由于反馈回路有其自然的特性周期，当干扰产生的时间间隔很小，即产生比较频繁时（如小于其特性周期3倍），反馈系统无法达到稳态。又由于当干扰产生时，直至影响到被控量变化产生偏差后，反馈控制系统才能改变操作量，所以存在不及时响应的控制特性，尤其在存在频度高且影响大的干扰情况下，反馈控制系统的调节品质很差，甚至不能满足生产要求。前馈控制是这样一种过程，能把校正作用产生在干扰引起被控量偏差出现之前，从而超前抑制了偏差幅度。

前馈-反馈控制是两者的综合。这种调节过程的特点是，前馈作用预先补偿干扰对被控量的影响，然后反馈作用对偏差进行微调。

现以精馏塔塔顶温度与进料流量组成的前馈-反馈系统原理为例（见图30-50）进行说明。图中$G_{FF}(s)$为前馈补偿环节传递函数，$G_C(s)$为调节通道传递函数，$G_D(s)$为干扰通道传递函数。很显然，采用前馈校正环节的目的是为了消除干扰（进料流量）对被控量（塔顶温度）的影响，所以有方程

$$G_{FF}(s)\times G_C(s)=-G_D(s)$$

即

$$G_{FF}(s)=-\frac{G_D(s)}{G_C(s)} \tag{30-3}$$

在工程上，动态前馈补偿环节$G_{FF}(s)$可用一阶超前-迟后形式，即

$$G_{FF}(s)=K_d\frac{1+T_1s}{1+T_2s} \tag{30-4}$$

式中，K_d为静态增益，$1+T_1s$为超前项，$1+T_2s$为滞后项。

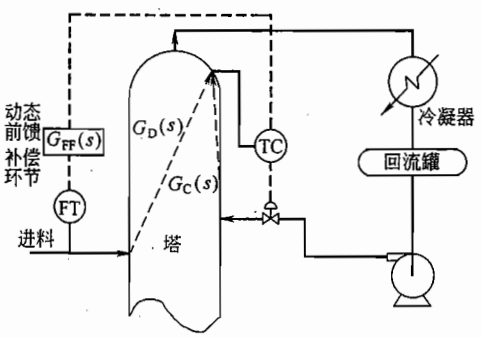


图30-50 前馈-反馈控制系统原理

当$T_1>T_2$时有超前性质，$T_1<T_2$时有滞后性质，$T_1=T_2$时仅为比例环节，这时实现的功能为静态前馈补偿功能。常见的锅炉汽包液位控制系统就是静态前馈补偿的典型例子（见图30-52）。

图30-51说明前馈-反馈控制在精馏塔控制中的应用。在这种情况下，控制作用的前馈部件由进料成分分析器和进料流量变送器组成，这两个部件分析和感受由于进料成分和流量的变化所引起的干扰。如果进料的流量及/或成分发生变化，前馈的输出便改变塔顶和塔底的采出量，使塔顶和塔底产品成分近似地达到规定值。然后，塔顶和塔底产品分析器再修正塔顶和塔底的采出量，使塔顶和塔底成分精确地达到规定值。进料的流量和成分的超前-滞后函数对塔顶和塔底是不相同的。

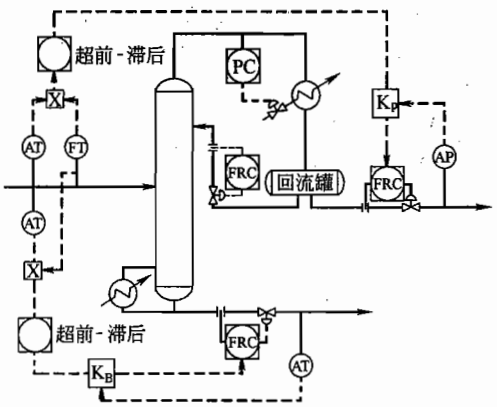


图30-51 动态前馈-反馈控制在精馏塔控制中的应用

图30-52中，蒸汽流量为前馈信号W_S，与液位反馈控制组成串级前馈-反馈控制系统，操作量为W_F，W_L为液位控制器的输出。且作为干扰量的蒸汽质量流量和作为操作量的给水质量流量的动态特性近乎相同（$T_1=T_2$），所以不必考虑动态补偿因素而构成的静态前馈补偿回路已能满足生产控制的要求。

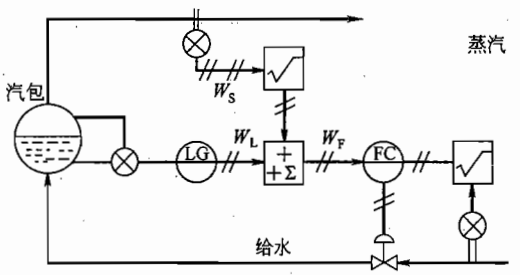


图30-52 具有静态前馈补偿功能的锅炉汽包液位控制系统

从图中可得

$$W_F=W_S+W_L-K$$

式中，K为正常液位时液位调节器的输出值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

由于该控制方案建立在物料平衡的原则上，前馈系统输出信号作为串级给水流量回路的设定值，而不是直接送至调节阀上，因为阀位并不能非常精确地代表流量。

4.6.2 工程设计应考虑的问题

① 前馈控制是按干扰进行控制的，因此选择对被控变量稳定性影响大的干扰量作为前馈信号引入控制系统。一般来说，这种前馈信号是可测但无法调节的。

② 前馈信号回路是开环回路，因此，必须引入被控变量的反馈回路组成前馈-反馈控制系统才能获得较好的控制品质。

5 典型化工单元的控制

5.1 泵及压缩机的控制

5.1.1 离心泵的控制

(1) 改变出口调节阀开度调节出口流量（见图30-53、图30-54）

图30-53所示为离心泵的流量特性曲线，图30-54所示为控制方案。

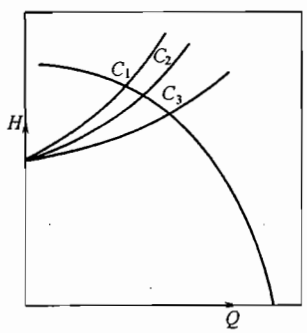


图30-53 流量特性曲线

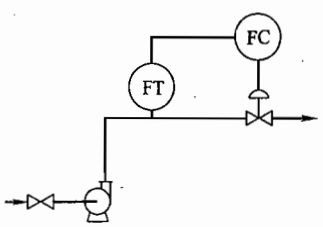


图30-54 控制方案

改变出口调节阀开度即改变管路阻力特性，也即改变了流量特性曲线上的工作点C。

(2) 改变泵转速调节出口流量

图30-55所示为离心泵的流量特性曲线，图30-56所示为控制方案。

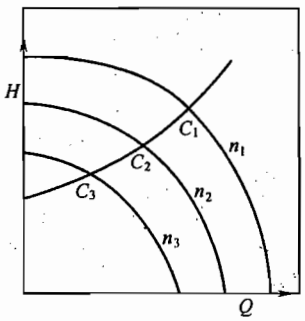


图30-55 流量特性曲线

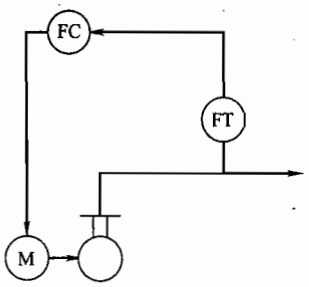


图30-56 控制方案

改变泵转速控制改变流量的方案，一般用电机驱动离心泵，较多见的是通过变频装置改变电机也即离心泵的转速。由于泵出口未安装调节阀，所以出口管路阻力损失较小。大功率离心泵常用蒸汽透平驱动，通过改变透平蒸汽量改变泵的转速，达到流量控制的目的。

(3) 旁路控制流量（见图30-57）

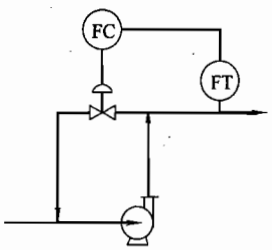


图30-57 离心泵旁路控制方案

这种方案通过改变旁路调节阀开度变化来改变离心泵排出流量，使之稳定。通常旁路流量比排出量要小，所以采取该方案时调节阀尺寸比较小。但旁路流量重新返回泵入口，泵的总机械效率特性较差。

5.1.2 容积式泵的控制

往复泵、椭圆齿轮泵及螺杆泵都属于容积式泵，这种泵也称正位移式泵。这种泵的排出流量与管路阻力变化无关，即不能通过出口阀开度变化来改变泵的排出流量。常用的控制方法有：改变泵的转速；改变泵的冲程；旁路控制法。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

5.1.3 压缩机的喘振控制

(1) 离心式压缩机的喘振产生机理

喘振是压缩机安全运行的隐患，喘振会造成：增加压缩机内部的间隙，从而损坏转子和平衡活塞的密封装置；损坏压缩机轴的终端密封装置；损坏压缩机的推力轴承；损坏压缩机的径向轴承；引起转子叶片的磨损；损坏压缩机的联轴器；使压缩机的驱动轴断裂。因此必须对喘振产生的原因有充分的了解，才能对喘振进行防范和控制。

所谓喘振，就是当压缩机的运行点流量值低于其极限流量值时所发生的流量逆向现象。发生喘振时压缩机的流量是不稳定的、脉动的，现场可以明显听见压缩机喘振的轰鸣声，可看见与压缩机相连管网的振动，压缩机出口温度迅速上升，流量和出口压力出现颤振，随着喘振的持续，出口流量和压力会变得非常不稳定。喘振产生和循环的过程如图 30-58 所示，设这时压缩机的转速恒定，压缩机入口压力 p_s 不变（压缩机转速变化、p_s 变化均会影响喘振点的位置），当压缩机运行点在位置 A 时，其出口压力较低，出口流量最大。当压缩机下游管网阻力（下游管道的压力）增加时（由于干扰或其他原因），其出口流量将减小，出口压力增加，这时压缩机运行点移至位置 B，接近喘振临界点。如果这时下游阻力继续增加，则出口流量继续减少，出口压力继续增加，最终其运行点移至位置 C，到达喘振临界点，这时出口流量继续减小，而出口压力不再增加，反而逐渐减小，下游管网的阻力将大于压缩机最大出口压力（压缩机增压极限），压缩机流量迅速减少，直至出现反向流。出现反向流后下游管网阻力也迅速降低，运行点过 p_d 轴线时下游管网中的气体流入压缩机，压缩机流量出现反向，运行点到达位置 D，这时下游管网的压力减少，流入压缩机的气体开始减少，压缩机出口流向开始变正，流量迅速变大，运行点移至 B 位置。如这时下游的压力再次增加，则开始另一个喘振循环，除非通过控制使压缩机的最小流量总是大于 C 位置的流量值，否则将无法避免喘振现象的发生。喘振循环周期的长短与下游管网的容积有关，下游管网容积越大，喘振循环周期越长。通过检测压缩机的流量，入口及出口压力，可计算出压缩机运行的喘振临界点，将不同转速的喘振临界点连起来就称为喘振线，如图30-59 所示。

$$\sqrt{Q}=\frac{\sqrt{\dfrac{ZT}{M_r}}}{\sqrt{\dfrac{Z_R T_R}{M_{r,R}}}} \tag{30-5}$$

式中 Q——体积流量；

Z_R——基准气体的压缩系数；

T_R——基准气体的温度，K；

$M_{r,R}$——基准气体的分子量；

Z——比较气体的压缩系数；

T——比较气体的温度，K；

M_r——比较气体的分子量。

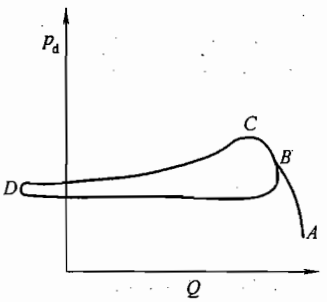


图 30-58 喘振产生和循环的过程

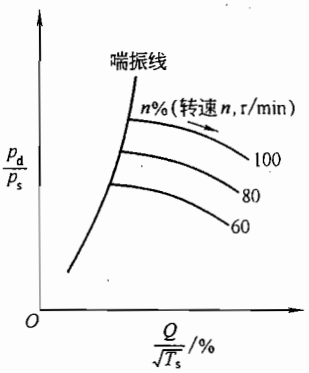


图 30-59 不同转速下喘振线的特性曲线

喘振线的特性显示压缩机的多变压头正比于压缩机转速的平方，压缩机的流量正比于压缩机转速。当介质不同时（M_r 不同）其喘振线的位置就会移动，如图 30-60 所示。转速不变时，气体的分子量越小，压缩机越易进入喘振区域，两个不同分子量的气体流量关系为

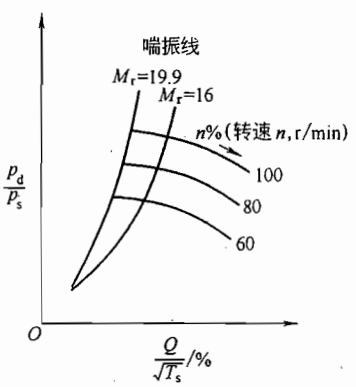


图 30-60 不同介质对应的喘振线的特性曲线

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$\frac{Q_{Mr16}}{Q_{Mr19.9}}=\sqrt{\frac{1/M_r}{1+M_{r,R}}}=\sqrt{\frac{1/16.0}{1/19.9}}=1.115$$

所以每台压缩机的工艺气体是不能任意变化的。压缩机吸入口气体的温度也会影响喘振线的位置，如图 30-61 所示。转速不变时，温度越高，越容易进入喘振区域，两个不同温度下气体流量的关系为

$$\frac{Q_{20℃}}{Q_{0℃}}=\sqrt{\frac{T}{T_R}}=\sqrt{\frac{273+20}{273+0}}=103.6\%$$

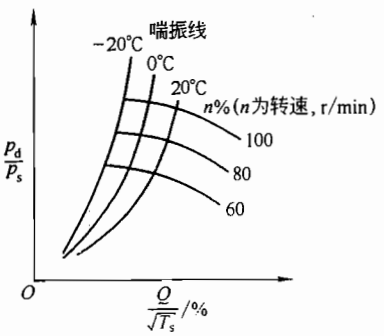


图 30-61 不同温度对应的喘振线的特性曲线

所以，为降低喘振点的流量值，应尽可能降低吸入口气体的温度。在实际情况下，由于压缩机流量测量值的准确性，使喘振线的位置发生偏移，因此，确定喘振点的最好办法是在现场实测。为了防止压缩机运行在喘振状态，需对压缩机的转速，进、出口压力，介质温度，流量进行检测，根据这些参数进行计算，得出压缩机的运行点和喘振控制点。运行点的计算如下。

如果流量是用一般孔板或文丘利测量，可得

$$Q^2=\frac{hZ_sT_s}{M_r p_s} \tag{30-6}$$

式中 Q——流量，acfm（1acfm=0.589m³/h）；

h——孔板压差；

Z_s——压缩系数；

T_s——吸入端温度，°R$\left(1°R=\frac{9}{5}K\right)$；

M_r——分子量；

p_s——吸入端压力，psia（1psi=1.45×10⁻⁴Pa）。

$$h_p=\frac{1545Z_aT_s(R_c^{\sigma}-1)}{M_r\times\sigma} \tag{30-7}$$

式中 h_p——多变压头；

Z_a——平均压缩系数；

T_s——吸入端温度（热力学温度）；

M_r——分子量；

R_c——压缩比 $R_c=p_d/p_s$；

σ——多变指数，$\sigma=\frac{K-1}{K\eta_p}$；

K——比热容比，$K=\frac{c_p}{c_v}$；

η_p——多变率，%。

由式（30-7）可知，因压缩机的多变压头 h_p 正比于透平转速的平方，所以需计算一些不同转速下的喘振控制点值，形成喘振控制线，如图 30-62 所示。喘振控制线的流量一般是发生喘振时流量的 1.05～1.1 倍（即裕度 Morgin 为 0.05～0.10），当压缩机运行点流量与喘振控制点流量相比，比值大于 1 时，压缩机运行在安全范围；比值等于 1 时，压缩机运行在喘振控制线；比值小于 1 时，压缩机运行在喘振控制线之间。利用计算所得结果对压缩机的运行状态进行控制，使压缩机的运行点处于安全运行范围。传统的防喘振控制就是喘振控制线控制，当运行点移至喘振控制线时，防喘振控制回路就开始打开回流阀。因为压缩机系统的滞后较大，所以要求回流阀的打开速度较快，开始打开时，回流阀的开度也较大，这样才能使运行点在达到喘振线前就停止向喘振线移动，然后逐渐向右移动，离开喘振线回到安全运行范围。

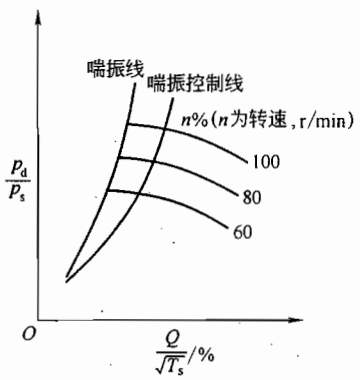


图 30-62 喘振控制线

以上控制过程中，最初的回流流量是由工艺过程的流量产生的，而且回流量较大，这将造成压缩机出口压力降低，工艺流量减少。这时透平的转速控制回路就会通过增加透平的转速来增加压缩机的流量，补偿回流量，稳定工艺流量。但在回流阀刚打开时，工艺过程的流量迅速减少，然后通过透平的转速的增加，压缩机的吸入量逐渐增加，工艺过程的流量也逐渐增加，直至达到回流阀打开前的状态。这个过程从对工艺过程的扰动开始，至扰动逐渐消除，因此对正常生产造成了相当的损失，但为了消除压缩机的喘振，也常采用传统的防喘振控制方法。

（2）固定极限流量防喘振控制

从图 30-63 可知，喘振线近似一条抛物线，如果以 p_d/p_s 与 Q^2/T_s 为坐标，喘振点轨迹接近一条直线，如图 30-63 所示。喘振线可用式（30-8）表示。

$$\frac{p_d}{p_s}=a+b\frac{Q^2}{T_s} \tag{30-8}$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

如果$\frac{p_d}{p_s}<\left(a+b\frac{Q^2}{T_s}\right)$，为安全操作区；反之，如果$\frac{p_d}{p_s}>\left(a+b\frac{Q^2}{T_s}\right)$，进入喘振区。

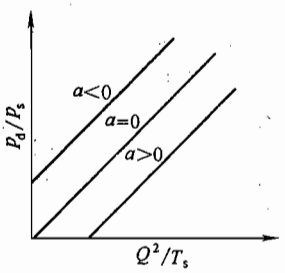


图 30-63 喘振控制线

这种防喘振控制方案是使压缩机的流量始终保持大于某一固定值即正常可以达到最高转速下的临界流量 Q_P，从而避免进入喘振区运行。图 30-64 中所示的 Q_P 就是正常情况下可以达到的最高转速下的极限流量。显然压缩机不论运行在哪一种转速下，只要满足压缩机流量大于 Q_P 的条件，压缩机就不会产生喘振，其控制方案如图 30-65 所示。压缩机正常运行时，测量值大于设定值 Q_P，则旁路阀完全关闭。如果测量值小于 Q_P，则旁路阀打开，使一部分气体返回，直到压缩机的流量达到 Q_P 为止，这样压缩机向外供气量减少了，但可以防止发生喘振。

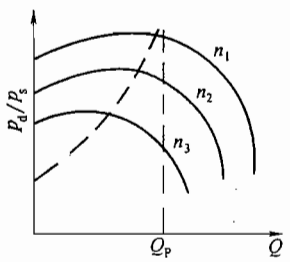


图 30-64 固定极限流量防喘振控制特性曲线

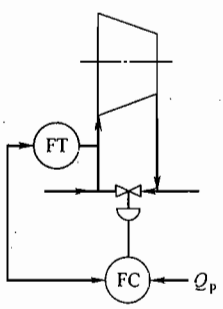


图 30-65 固定极限流量防喘振控制系统

(3) 可变极限流量防喘振控制

可变极限流量防喘振控制的优点为节约能耗，尤其在压缩机负荷多变情况下，采用此种方案更为合理。

从式（30-6）已知，$Q^2=\frac{hZ_sT_s}{M_rp_s}$，代入公式（30-8）得

$$\frac{p_d}{p_s}=a+b\frac{hZ_s}{M_rp_s} \tag{30-9}$$

其中 Z_s/M_r 为常数，设为 K，得

$$\frac{p_d}{p_s}=a+Kb\frac{h}{p_s} \tag{30-10}$$

按式（30-10）构成的图 30-66 的控制系统即为可变极限流量防喘振控制系统。为使压缩机在安全区运转，必需满足

$$h\geqslant\frac{1}{Kb}(p_d-ap_s) \tag{30-11}$$

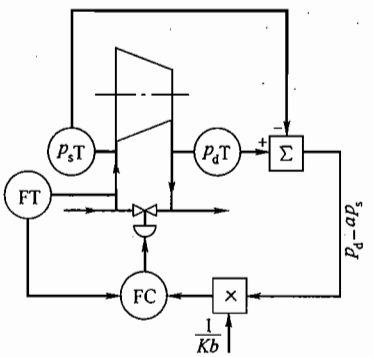


图 30-66 可变极限流量防喘振控制系统

(4) 工程应用实例

乙烯装置有裂解气、丙烯及乙烯压缩机三台。30万吨规模的压缩机功率高达 18000kW，能耗相当可观。为了安全及节能目的，用计算机实现防喘振控制逻辑。这里以乙烯压缩机为例进行说明，控制方案见图 30-67。

乙烯压缩机为单缸三段离心式压缩机，它为乙烯制冷系统提供－101℃、－75℃、－62℃三级制冷剂，三段都有旁路调节阀。

计算机利用压缩机制造厂提供的与最小喘振流量相关联的压缩机速度曲线，计算出加入安全系数（一般为 15%）后的各段最小喘振流量，经过压力及温度补偿折算为各段标准体积流量，作为各段防喘振控制块的给定值，调节各段旁路调节阀。计算机能获得节能 2%的效益。

控制逻辑见图 30-68。

① 第一段旁路控制 SI 601 读取压缩机的透平转速。多项输入块 XC 1411 利用压缩机转速和下列公式计算第一最小喘振流量。

$$\text{XC 1411}=A+B\times\text{SI601}+C\times\text{SI601}^2 \tag{30-12}$$

式中，$A=4704$；$B=-0.7966$；$C=0.00007523$。

XC 1412 计算块把实际最小喘振流量换算成标准体积流量，其输出作为控制块 CC1411 的设定值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

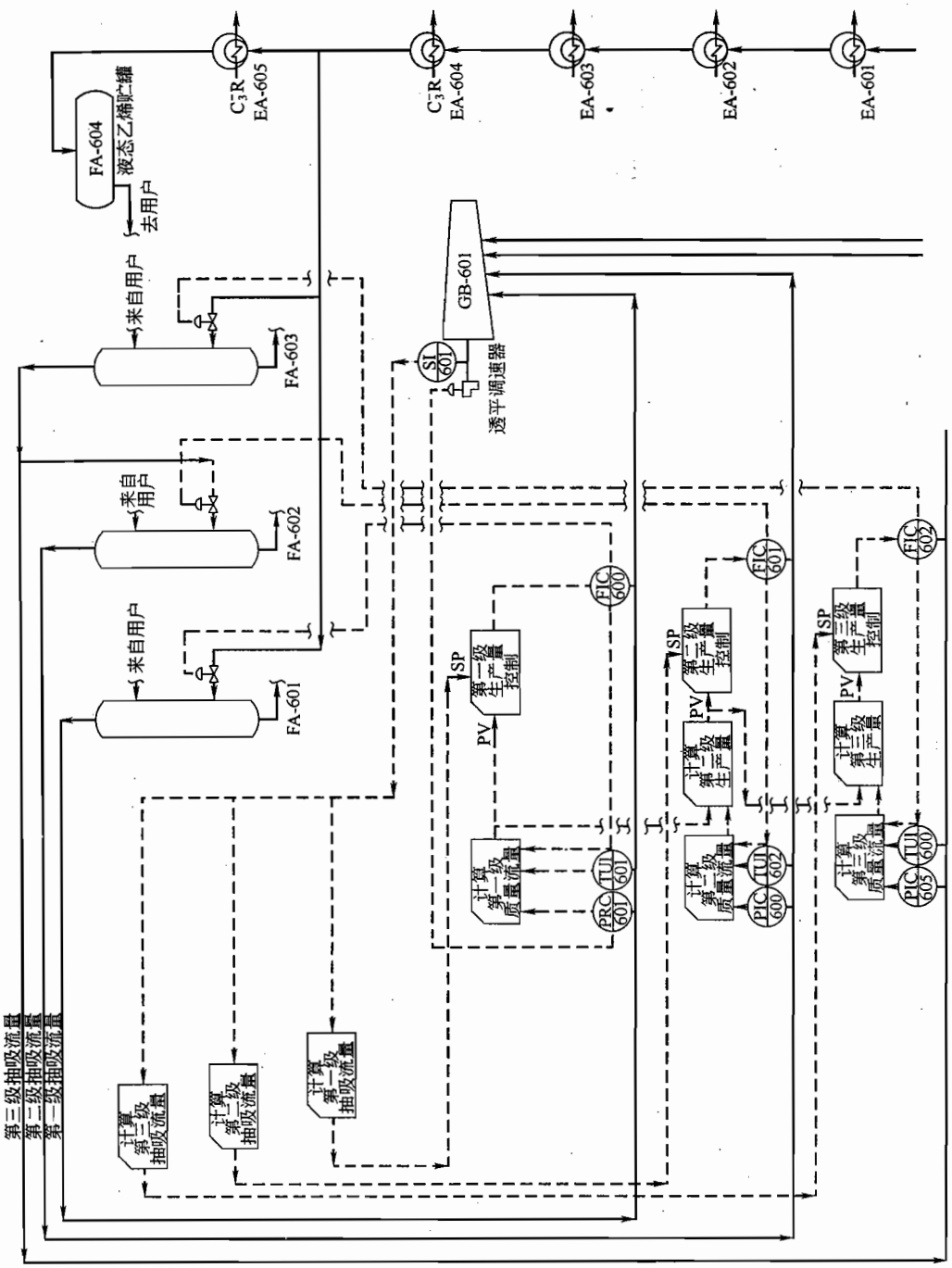


图 30-67 乙烯压缩机控制方案

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

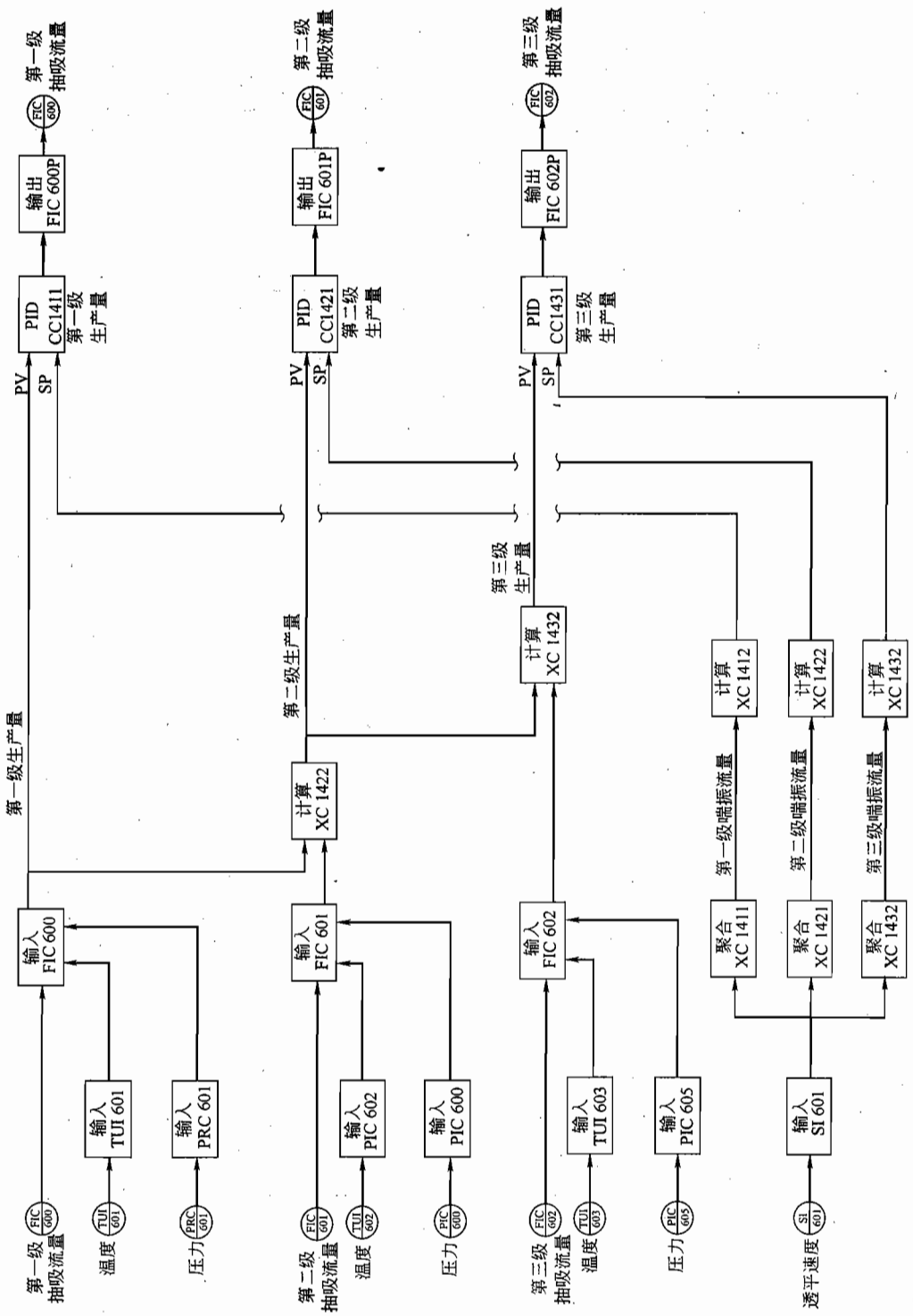


图 30-68 控制逻辑

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

输入块 FIC 600、TUI 601 及 PRC 601 分别测定第一段体积吸入流量、温度及压力，由 FIC 600 换算为一段标准体积吸入流量，其输出作为控制块 CC 1411 的测量值。

控制块 CC 1411 输出操纵安装在一段旁路上的调节阀。

② 第二、三段旁路控制　控制逻辑原理同第一段。多项输入块 XC 1421 完成第二段最小喘振流量计算。公式同第一段，常数 $A=-21.55$，$B=0.1819$，$C=0.00001445$。多项输入块 XC 1431 完成第三段最小喘振流量计算，公式中 $A=1792$，$B=-1.69$，$C=0.000128$。

(5) 工程上需考虑的问题

新型透平、压缩机、工艺过程复合控制系统，将这三个控制功能融合成一体。通过调节透平的转速、压缩机的回流量使压缩机系统满足上、下游工艺流程的需要和防止压缩机喘振，不但能使工艺过程平衡进行，而且能最大限度地节约能源。这个系统的防喘振控制功能是由闭环喘振控制线（Surge Control Line）控制、闭环速率控制、开环阶跃控制构成，当运行点到达喘振控制线时，该控制系统将同时调节回流阀的开度和透平的转速，增加压缩机的入口流量，使压缩运行离开喘振控制线，增加透平转速、提高压缩机流量来稳定工艺流量。在进行闭环喘振控制线控制的同时，该控制系统将检测到的透平转速、压缩机压力、介质流量及温度进行微分，计算出运行点移动速率及移动趋势，根据计算结果调节回流阀的开度和透平的转速，减慢运行点移动速率，使运行点离开喘振控制线，回到安全运行范围。实施了闭环喘振控制线控制和闭环速率控制后，通常工况下防喘振控制不会产生超调和回流阀过早打开现象，克服了传统防喘振控制法和最小流量控制的缺陷。当闭环喘振控制线控制和闭环速率控制无法使运行点回到安全运行范围时，开环阶跃控制立即发挥作用，迅速打开回流阀，并增加透平转速，使运行点回到安全运行范围。

喘振控制的有效控制方法就是监视运行点的移动方向和移动速率，得出运行点的变化趋势，从而确定回流阀的开启大小和开度变化速率，确定透平转速的变化范围和变化速率，实现压缩机长期地无超调、节省能源的防喘振控制，最大限度提高压缩机系统的运行效率。

压缩机系统是一个大惯量系统，其正常转速从每分钟几千转至上万转，所以对压缩机系统的检测、控制仪表有一定的要求。现场仪表必须工作稳定，故障率低，能长期正常运行；反应灵敏，测量精度合适，能及时测量到对象的变化，作出相应反应。调节器（控制系统）应具有高速运算、处理数据功能，尽可能短的扫描时间和循环周期，具体的扫描时间、循环周期可根据压缩机系统的大小、所采用防喘振控制方法、压缩机系统供应商的要求而定，通常的扫描时间应小于 20ms，循环周期应小于 300ms。调节器（控制系统）还必须有抗积分饱和功能，压缩机正常运行时调节器（控制系统）的流量给定值总是小于测量值，调节器（控制系统）处于积分饱和状态，当给定值大于测量值时，调节器（控制系统）必须迅速运行，否则会因调节器（控制系统）反应不及时而造成损失。可采用通用型电动传感器、变送器测量压力、差压、温度信号，采用节流装置测量流量信号，采用专用传感器测量转速信号，采用专用防喘振控制器或专用的压缩机控制系统（CCS）进行防喘振控制。

5.2 传热设备的控制

传热（热交换）过程是利用各种传热设备（如热交换器）进行的。传热设备简况如表 30-14 所示。

表 30-14　传热设备简况

传热方式	有无相变	载热体举例	设备类型举例
以对流为主	两侧没有相变	热水、冷水、空气	换热器
以对流为主	两侧均有相变	加热蒸汽	再沸器
以对流为主	一侧无相变，载热体汽化	液氨	氨冷器
以对流为主	一侧无相变，介质冷凝	水、盐水	冷凝器
以对流为主	一侧无相变，载热体冷凝	蒸汽	蒸汽加热器
以对流为主	一侧无相变，介质汽化	热水或过热水	再沸器
以辐射为主		燃料油或气、煤	加热炉、锅炉

5.2.1 一般传热设备的控制

一般传热设备如热交换换热器、再沸器、空冷器等都是以对流传热原理进行工作的。通常被控变量为经换热后传热设备的出口被加热工艺物料温度，操作变量通常为载热体流量。常用的控制方案有如下几种情况。

(1) 调节载热体流量

图 30-69 所示为单回路控制方案，当载热体上游压力不稳定时可采用图 30-70 所示的串级控制方案。

(2) 调节载热体汽化温度

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

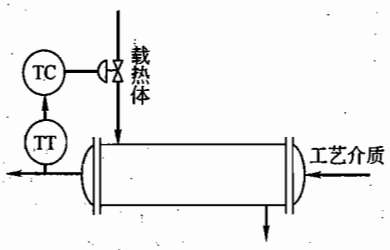


图 30-69 单回路控制方案

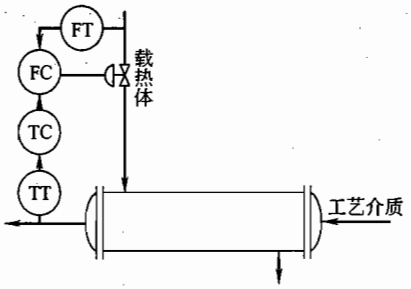


图 30-70 串级控制方案

图 30-71 所示为通过调节热交换器出口阀来调节载热体的汽化温度的例子。当阀门开度变化时，气氨压力也随之变化，相应的液氨汽化温度也发生变化，从而调节传热量，使被加热物料在换热器出口温度获得稳定。

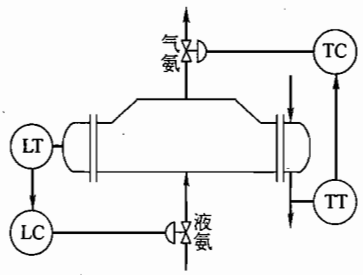


图 30-71 调节载热体汽化温度方案

(3) 工艺介质分流

图 30-72 所示控制方案是将工艺介质分为两路，其中一路流经换热器，另一路不经换热器，通过旁路与经换热后的一路在换热器出口混合。调节阀可选用 1 台三通阀，也可选用 2 台直通阀。

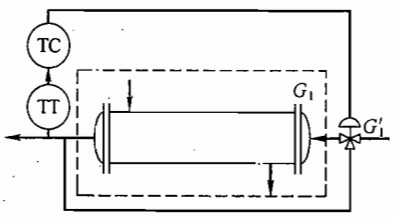


图 30-72 工艺介质分流的控制方案

(4) 改变传热面积

这种方案也称换热器凝液控制方案，控制方案见图 30-73 及图 30-74。

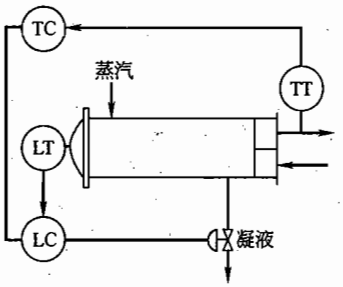


图 30-73 凝液控制方案一

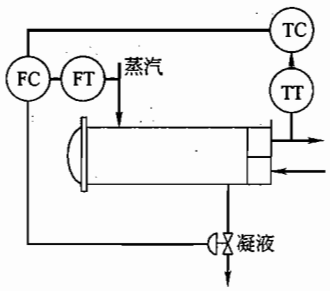


图 30-74 凝液控制方案二

凝液控制方案将调节阀安装在凝液管上，可使调节阀的尺寸变小，材质要求也可降低（尤其在用蒸汽作为载热体情况下）。但由于这是一个冷凝液积累改变传热面积的过程，是一种比较迟后的过程，所以控制品质不太好，为此常采用如图 30-71 及图 30-72 所示的串级控制方案。

5.2.2 复杂控制系统

为了改善传热设备控制系统的品质，复杂控制系统如前馈控制、选择性控制及热量控制已被广泛应用在传热设备的生产过程中。

(1) 前馈控制

从静态前馈角度考虑，影响换热器出口被加热物料温度的主要干扰为其流量及入口温度。基于蒸汽加热器热量平衡，可得公式 $G_2\lambda=G_1c_1(T_o-T_i)$。

控制系统见图 30-75。把主要干扰 G_1 及 T_i 作为前馈信号引入控制系统，将 $\frac{c_1}{\lambda}G_1c_1(T_o-T_i)$ 作为流量调节器设定值，通过改变蒸汽加入量 G_2 使 T_o 保持恒定。

图 30-75 所示为动态前馈-反馈控制系统。前馈补偿环节一般采用超前-滞后环节。详细请参阅第 3 节控制系统中前馈控制的说明。

(2) 选择性控制

图 30-76 所示为丙烯冷却器选择性控制例子。正

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

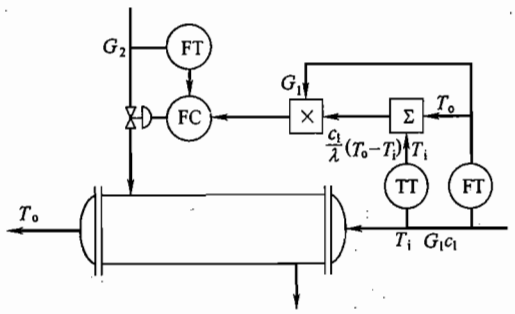


图 30-75 蒸汽加热器静态前馈控制方案

常情况下，根据被冷却物料出口温度改变进入冷却器液态丙烯量进行调节。为防止冷却器中丙烯液位过高使液态丙烯夹带在气相中，造成后面压缩机吸入液态丙烯而产生事故，故又增设了另一个液位控制系统，当液位过高时选择液位控制器，调节进入冷却器液态丙烯。当液位达到安全值时，液位调节器又被温度调节器取代。

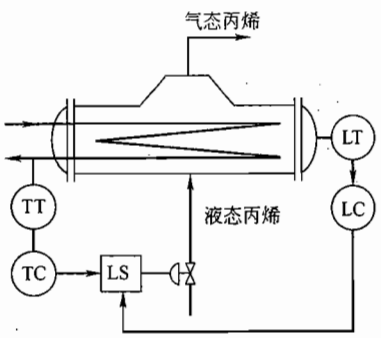


图 30-76 丙烯冷却器温度与液位选择性控制

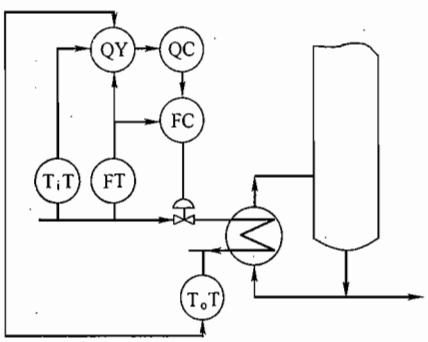


图 30-77 蒸馏塔再沸器热量控制系统

(3) 热量控制

这种控制被广泛应用于蒸馏塔再沸器的控制系统中，如图 30-77 所示。传热过程中如果热载体未发生相变，可得热量恒等式

$$Q=Gc(T_o-T_i) \qquad (30\text{-}13)$$

式中 Q——热量，J；

G——载热体流量，kg/h；

c——载热体比热容，J/(kg·℃)；

T_o——载热体出口温度，℃；

T_i——载热体进口温度，℃。

在该控制系统，通过对流量 G 及进、出口温度 T_i 及 T_o 的测量即可计算出热量 Q（公式中比热容可查表得到），设定值即被调变量为热量、操作变量为进入再沸器的载热体流量。

5.3 乙烯裂解炉的控制

裂解炉由多根炉管组成，其主要功能为把原料（如乙烷、石脑油）经过加热裂解生成乙烯及丙烯等产品和其他产品。炉子的底部布置了底部烧嘴，炉的侧壁烧嘴成排布置在两侧，通过改变燃料气量保持炉管出口温度恒定，以得到预期的裂解深度。裂解炉管出口温度是重要的被控变量，不允许过度波动，通常维持在±2℃左右。由于存在热耦合问题（每排烧嘴的燃料气改变对每根炉管的出口温度都有不同程度的影响），对炉子的控制就显得比较复杂了。

5.3.1 简单乙烯裂解炉控制方案

比较简单的裂解炉控制方案介绍如下。

裂解炉内只布置 4 根炉管，每根炉管比较对称地与每组侧壁烧嘴一一对应排列，如图 30-78 所示。

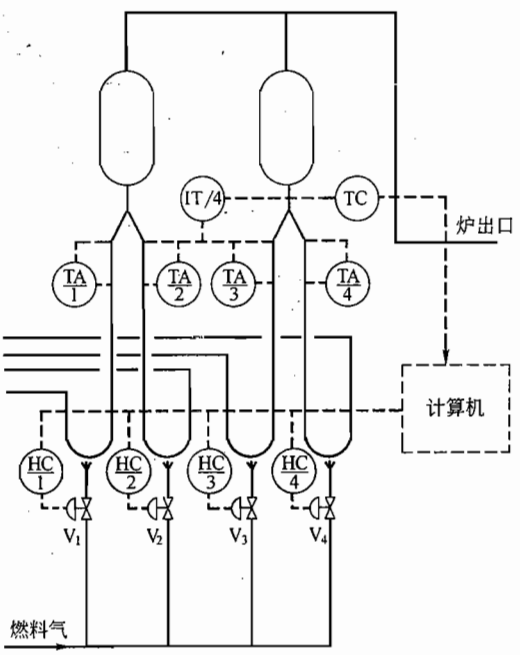


图 30-78 炉管的排列

从图中可知，虽然使一侧壁烧嘴燃料气阀门开度变化，不仅对与之排列最近的炉管出口物料温度，同时对其他几根炉管出口物料温度都有影响。由于炉管

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

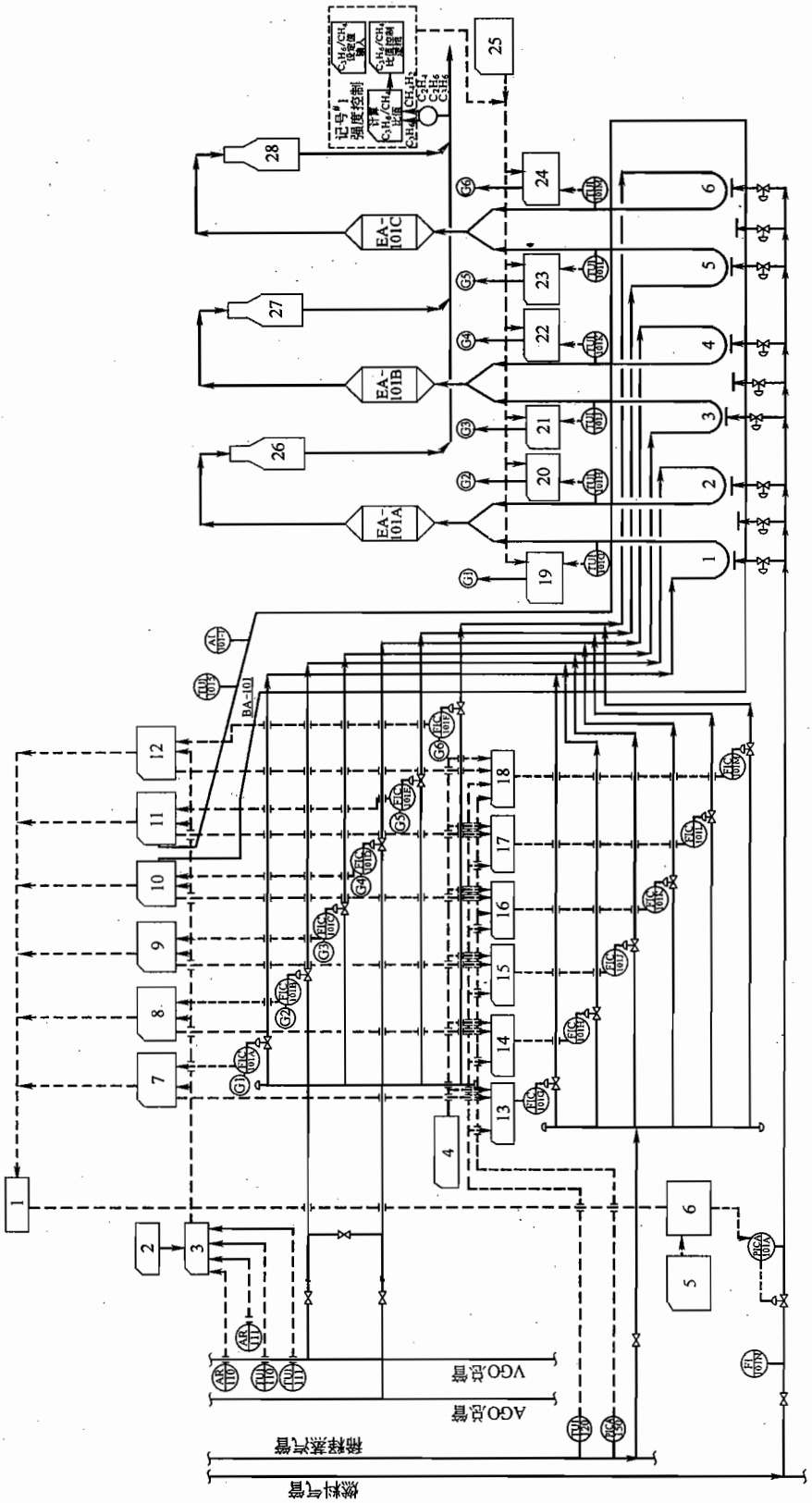


图 30-79 30万吨乙烯裂解炉控制方案

1—总管质量流量；2—选择控制；3—按进料量进行选择补偿；4—蒸汽/油比值设定点输入；5—生产量设定点和死滞区输入；6—生产量控制逻辑；7～12—炉管1～6烃质量流量控制；13～18—炉管1～6蒸汽/油比值控制；19～24—炉管1～6温度控制；25—温度控制设定；26～28—急冷器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

排列对称，可以推导出一组热耦合矩阵关联式。

令 ΔFG_1、ΔFG_2、ΔFG_3、ΔFG_4 为第1～4组侧壁燃料气量的变化值；a_{11}、a_{12}、a_{13}及a_{14}分别为第一组烧嘴燃料气变化对第1～4组炉管出口温度变化的相关系数；a_{41}、a_{42}、a_{43}及a_{44}分别为第4组烧嘴燃料气变化对第1～4组炉管出口温度变化的相关系数，可得

$$\Delta t_1 = a_{11}\times\Delta FG_1 + a_{21}\times\Delta FG_2 + a_{31}\times\Delta FG_3 + a_{41}\times\Delta FG_4$$
$$\Delta t_2 = a_{12}\times\Delta FG_1 + a_{22}\times\Delta FG_2 + a_{32}\times\Delta FG_3 + a_{42}\times\Delta FG_4$$
$$\Delta t_3 = a_{13}\times\Delta FG_1 + a_{23}\times\Delta FG_2 + a_{33}\times\Delta FG_3 + a_{43}\times\Delta FG_4$$
$$\Delta t_4 = a_{14}\times\Delta FG_1 + a_{24}\times\Delta FG_2 + a_{34}\times\Delta FG_3 + a_{44}\times\Delta FG_4$$

可写为

$$\begin{bmatrix}\Delta t_1\\ \Delta t_2\\ \Delta t_3\\ \Delta t_4\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{41}\\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & a_{42}\\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & a_{43}\\ a_{14} & a_{24} & a_{34} & a_{44}\end{bmatrix} \times \begin{bmatrix}\Delta FG_1\\ \Delta FG_2\\ \Delta FG_3\\ \Delta FG_4\end{bmatrix}$$

改写为

$$\Delta T = A\Delta FG \qquad (30\text{-}14)$$

A 为耦合矩阵。为了实现解耦控制，需求取矩阵 A 的逆矩阵 D

$$D = A^{-1}$$

把解耦矩阵式存入计算机。选择4根炉管出口温度的一根炉管出口温度作为基准温度，通过计算机计算自动进行各组燃料气量的偏置设定，即可实现静态解耦控制。

5.3.2 复杂乙烯裂解炉控制方案

随着乙烯装置生产规模的扩大，裂解炉的炉管组数也增加。现介绍一大型裂解炉，有6组炉管，炉内布置9排侧壁烧嘴。对这种炉管与侧壁烧嘴非对称一一对应排列结构炉型，要建立解耦矩阵是比较困难的，控制系统见图30-79。

从图中可见，除与每根炉管对应排列着一组侧壁烧嘴外，在每两根炉管之间还排列着一组侧壁烧嘴，因此耦合关系比较复杂，较难用一组矩阵关联式来描述并建立解耦矩阵。这就需要从过程的内在机理出发，通过其他控制手段来解决依然存在的耦合问题。

控制系统的目的为：控制乙烯裂解深度；控制和平衡炉管出口温度；控制裂解炉总处理量；控制汽/油比。

(1) 控制乙烯裂解深度

裂解炉的一个重要指标为乙烯收率（yield），而乙烯收率又与裂解深度（severity）及芳烃指数BNCI有关，即

$$\text{yield} = f(\text{severity}, \text{BNCI})$$

如图30-80所示，随着裂解深度加深，乙烯 C_2^- 收率先增加后减少，丙烯 C_3^- 总是减少，而甲烷 C_1^0 则总是增加。可见可用 C_3^-/C_1^0 的比值来确定乙烯收率。如图30-81所示，在原料芳烃指数已定的情况下，C_2^- 收率可用 C_3^-/C_1^0 的比值来表示。

计算机把乙烯收率与 C_3^-/C_1^0 及BNCI的关系曲线的回归方程存放在数据文件库中。对应一定原料的BNCI值，C_2^- 收率与 C_3^-/C_1^0 比值呈线性关系，见图30-81，控制 C_3^-/C_1^0 比值即可获得 C_2^- 收率为恒定期望值。控制原理见图30-82。

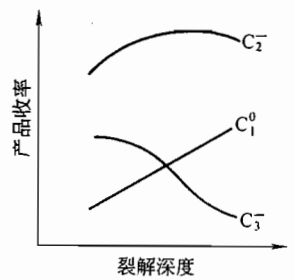


图30-80 产品收率与裂解深度关系曲线

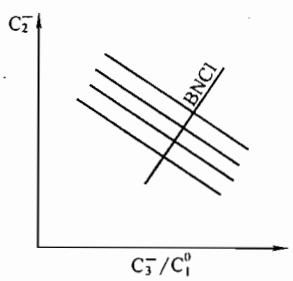


图30-81 C_2^- 与 C_3^-/C_1^0 的关系曲线

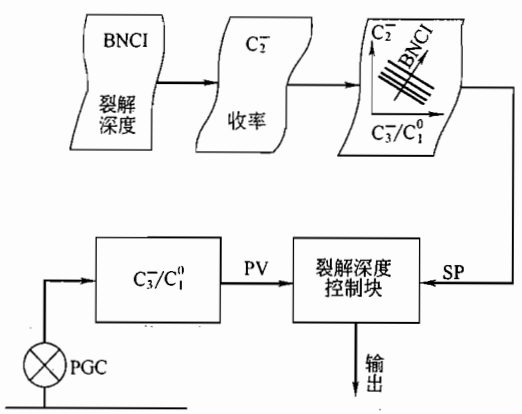


图30-82 控制原理

(2) 炉出口平均温度偏置值与裂解原料质量流量串级控制系统

由于燃料气改变要经过较长时间（约为45min），才能引起炉出口温度变化，这种控制方式会产生很难克服的炉管间的热耦合问题，如果操作不好，将引起

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

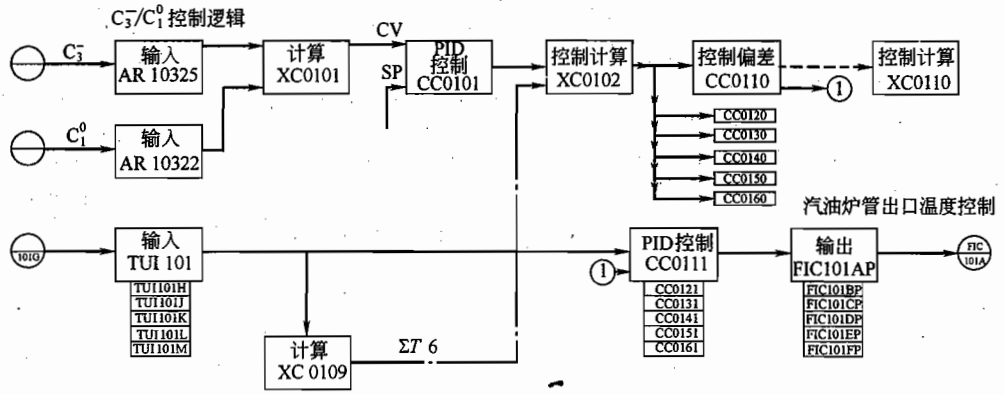


图 30-83 控制逻辑

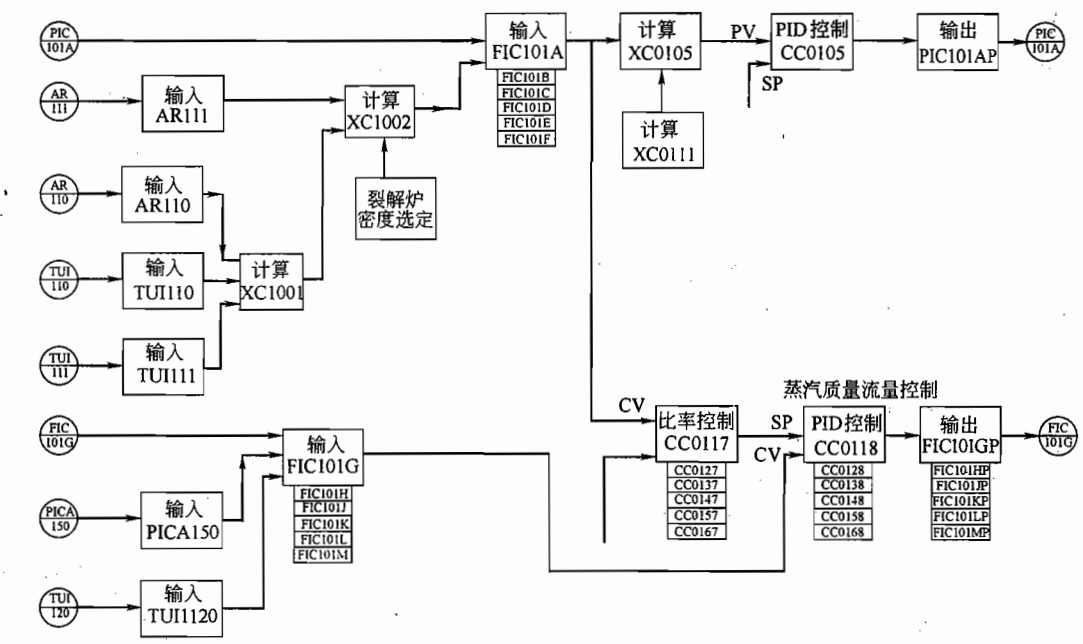


图 30-84 控制逻辑

各组炉管出口温度大幅度波动，甚至无法运转。工程运转证明，用改变炉管进口裂解原料流量可极快地（约为0.45s）使炉管出口温度产生变化，这一特性也可避免。各炉管间的热耦合现象，从工程观点看是一种比较简单又比较容易克服的现象。控制逻辑见图30-83。

由于每根炉管运行开始或经过一段运转后物理性能不尽相同（如由于结焦引起），因此，对每根炉管来说表征最好乙烯裂解深度的炉出口温度不可能完全相同。计算机取6根炉管出口温度的平均值，再加上不同的温度偏置值作为每根炉管出口温度的给定值。图30-83中XC0109为计算块，它完成了6根炉管出口温度的平均值计算，并把该信号送至控制计算块XC0102。XC0102块具有状态判断功能，在乙烯裂解深度控制块CC0101未投入自动状态时把6根炉管出口温度平均值送给6个偏置块CC0110～CC0160，偏置块的输出作为每个炉出口温度控制块CC0111～CC0161的设定值。如果裂解深度控制块CC0101投入自动，XC0102的输出作为裂解深度块CC0101的输出。每根炉管出口温度控制块的输出作为炉管进料裂解原料质量流量调节器的设定值。

(3) 裂解原料质量流量与稀释蒸汽质量流量串级控制系统

控制逻辑见图30-84，这就是通常说的汽/油比定值调节系统。汽/油比值直接影响裂解深度，所以保持其恒定比值具有重要作用。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

图中 AR110 为原料油密度变送器的输入块，TUI110 为原料油温度输入块，通过计算块 XC1001 进行密度温度补偿。经过输入块 FIC101A 进行质量流量计算。以往多数用振动式密度计来测定原料密度，质量流量计的推出可直接输出质量流量信号，由于这种仪表内装微机，可以很方便地进行温度补偿，测量精度高，且安装方便，今后有可能广为使用。

稀释蒸汽部分通过输入块 FIC101G～FIC101M 完成质量流量运算，与原料质量流量信号一起送到计算块 CC0117～CC0167。

计算块 CC0117～CC0167 完成汽/油比值运算后作为控制块 CC0118～CC0168 测量值（控制块内设定值为 0.75 左右），通过改变稀释蒸汽流量来维持汽/油比值恒定。

(4) 裂解炉总负荷与燃料气总管压力串级控制系统

从炉出口温度调节机理可知，为了保持炉出口温度恒定，每根炉管的进料量作为调节手段必然会出现波动，从保证产品质量来看是可行的，但势必影响炉子的总产量。为了同时保证炉子的产量不会波动过大，计算软件必须考虑总产量监控系统，控制逻辑见图 30-84。

图中计算块 XC0105 完成炉总负荷计算，其输出为 6 根炉管总量之和，作为控制块 CC0105 的测量值，该控制块用非线性 PI 算法（带死区为±2%），当总量高于+2%或低于−2%时，控制块进行 PI 控制，也即改变燃料气总管压力调节器的设定值。总管压力调节器 PIC101A 输出改变燃料气总管调节阀开度，进而影响每根炉管出口温度，再调整每根炉管原料流量，使炉出口温度及炉管总量重新稳定在新的工况下。

本控制逻辑不把炉管总量设定为恒值，减少了总量控制与炉出口温度控制逻辑之间的耦合作用。

5.4 精馏塔的控制

5.4.1 精馏塔的常规控制

精馏塔控制是一个多变量控制过程，如何在许多被控变量及操纵变量中选择配对，实现塔的常规控制是很重要的问题。美国控制工程专家欣斯基（Shinskey）提出了精馏塔控制中变量配对的三点原则。

① 当仅需要控制塔的一端产品时，应当选用物料平衡方式来控制该产品的质量。

② 塔两端产品流量较小者，应作为操纵变量用来控制塔的产品质量。

③ 当塔的两端产品均需质量控制时，一般对含纯产品较少、杂质较多的一端的质量控制选用物料平衡控制；而含纯产品较多、杂质较少的一端的质量控制选用能量平衡控制。当选用塔顶部产品馏出物流量 D 或塔底采出液量 B 来作为操纵变量控制产品质量时，称为物料平衡控制；而当选用塔顶部回流或再沸器加热量来作为操纵变量时，则称为能量平衡控制。

(1) 精馏段产品指标的控制

精馏段控制的主要目的是为了使塔顶馏出物产品质量达到要求。这时取精馏段表征塔顶产品质量且比较灵敏的点（又称灵敏板）的温度作为间接质量指标调节进塔的回流量，组成塔的主要控制回路。此外，为了塔的平衡操作，也应对塔底液位、再沸器加热蒸汽流量及回流罐液位分别设置控制回路（见图 30-85）。

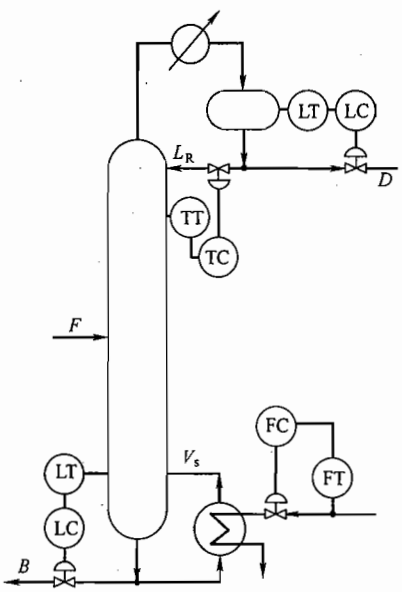


图 30-85 精馏段温度控制系统

但是用灵敏板温度不能真正表征精馏塔馏出物的质量，尤其对要求高的情况下，如乙烯精馏塔。乙烯精馏侧线馏出物乙烯的纯度要求很高，只允许很少量杂质夹带其中，这种要求已无法通过温度测量反映出来，所以采用了成分分析组成闭环控制系统，详见图 30-85 所示精馏段控制方案。

乙烯精馏塔从精馏段第 9 块塔板抽出侧线上安装气相色谱仪。控制侧线出料中乙烯浓度符合产品规格达到 99.95%mol。

计算机从在线气相色谱仪读入侧线出料中的乙烷浓度，并通过改变侧线出料量来控制乙烷浓度。计算机执行前馈和反馈算法来操作侧线出料（见图 30-86）。反馈算法比较输入的乙烷浓度和设定值，并计算为消除任何偏差所需改变的侧线出料流量。为了使侧线出料中乙烷浓度偏差最小，前馈算法输入塔的进料流量，并计算因为进料流量变化所需补偿的侧线出料流量。

侧线出料中乙烷浓度控制见图 30-87 所示的控制功能块。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

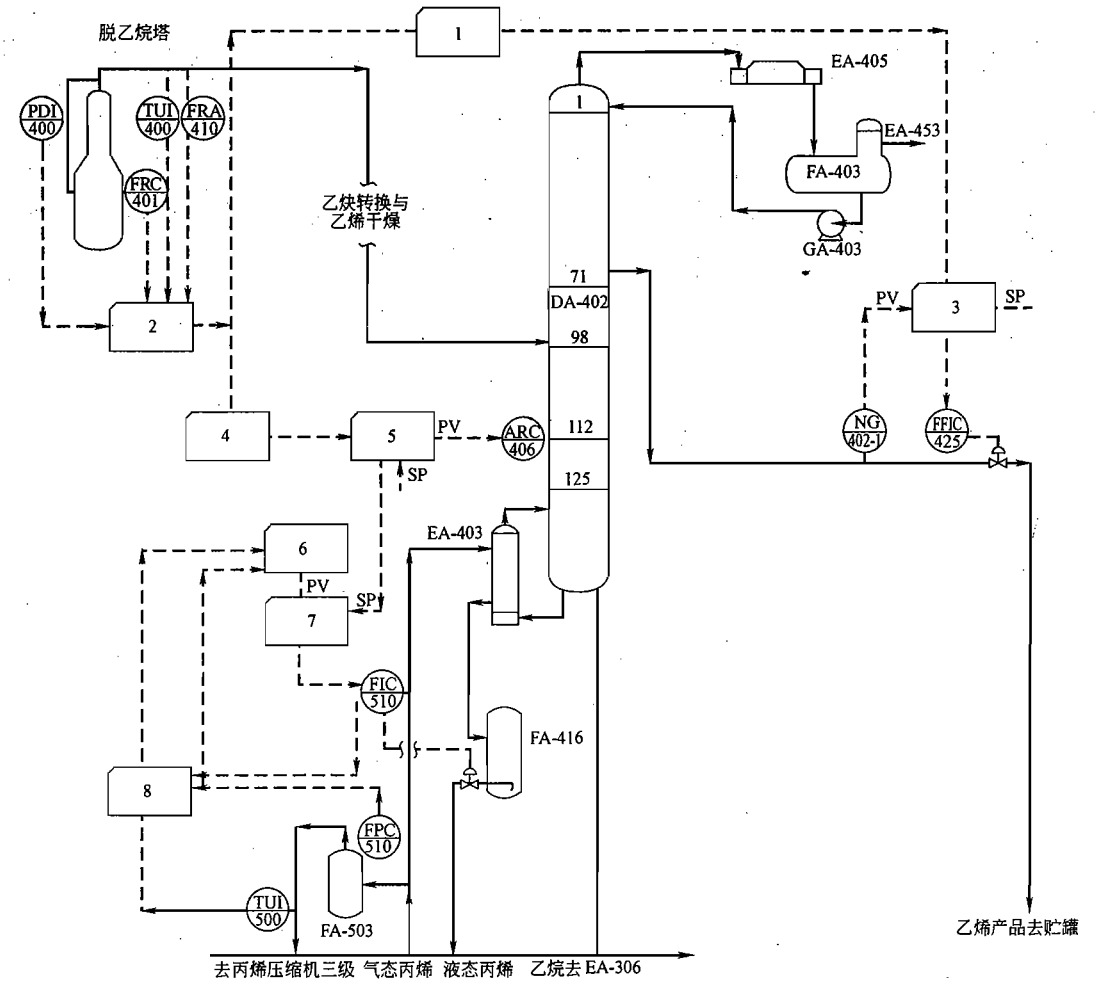


图 30-86 乙烯精馏塔控制方案

1,4—动态进料流量补偿；2—脱乙烷塔过热质量流量补偿；3—产品质量控制；5—乙烯补偿控制；6—计算再沸器热负荷；7—再沸器热负荷控制；8—丙烯质量流量补偿

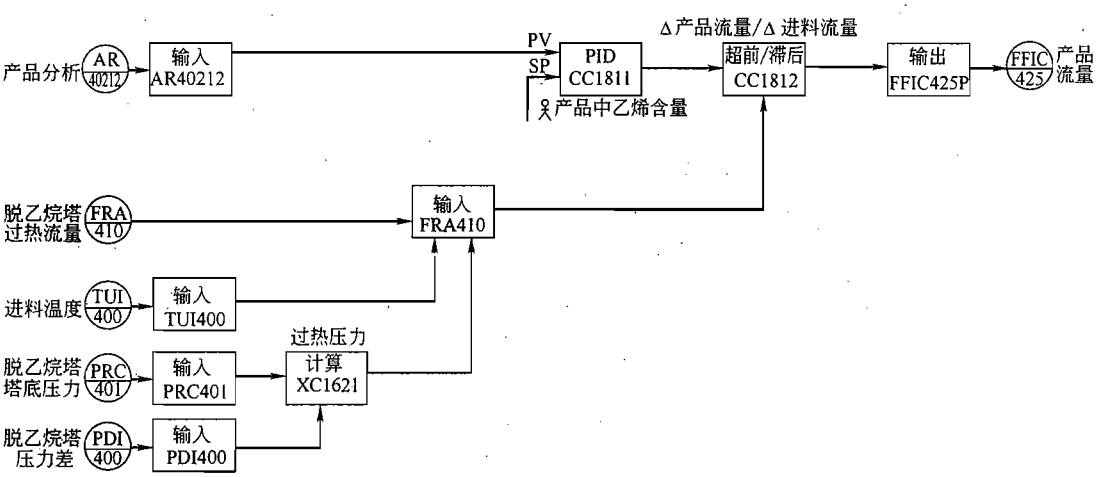


图 30-87 乙烯精馏塔精馏段控制系统功能块

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

AR40212 为气相色谱仪测定侧线乙烷浓度的输入块，它的输出作为乙烷浓度调节块 CC1811 的测量值。输入块 FRA410 计算出塔的进料质量流量，作为动态前馈（超前/滞后）控制块 CC1812 的前馈信号，CC1812 输出作为现场调节器 FFIC425 的设定信号。

（2）提馏段产品指标的控制

当塔底产品质量指标要求高的情况下，必须对塔提馏段组成有效的控制系统。常用的方法是，取提馏段灵敏点温度作为间接质量控制指标，组成温度控制回路。常用的全塔控制方案见图 30-88。

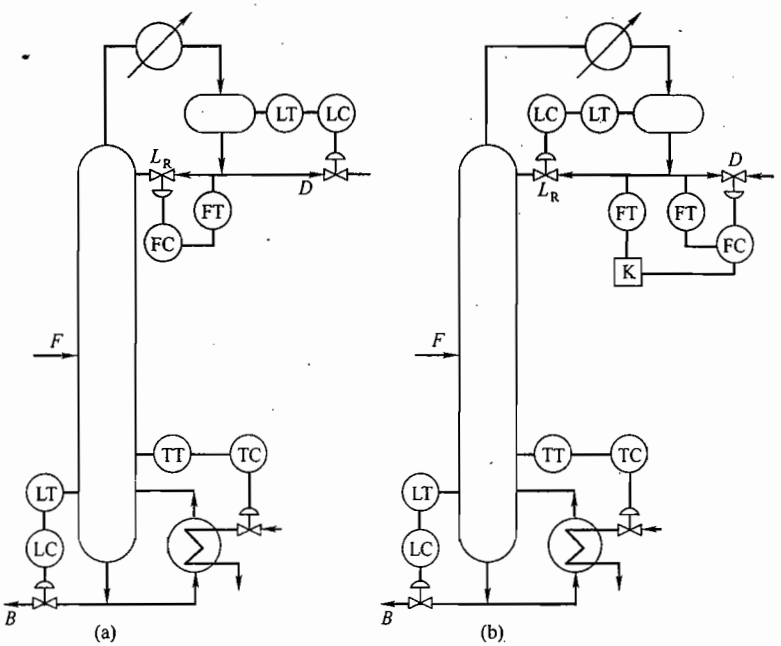


图 30-88　全塔控制方案

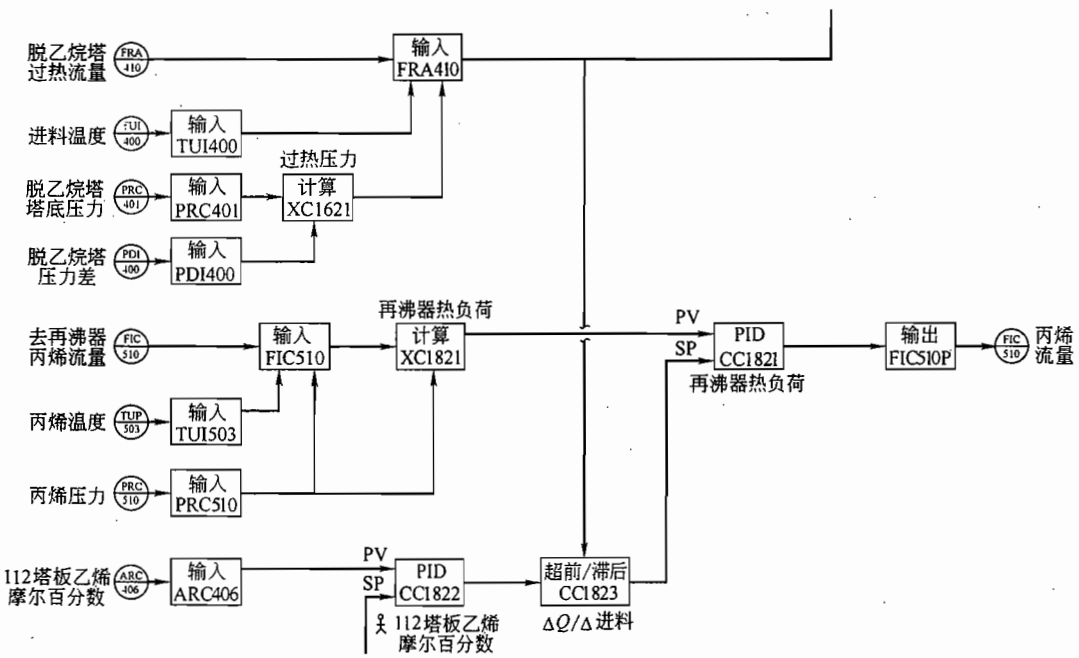


图 30-89　乙烯精馏塔提馏段控制功能块

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

图 30-88 中提馏段温度都控制再沸器加热蒸汽量，塔底及回流冷凝罐还设置液位控制回路。所不同是，图（a）设置了恒回流控制回路，而图（b）则设置了回流比控制回路。这两种方案已被广泛应用在精馏塔提馏段控制中。

和精馏段控制一样，当提馏段产品中仅允许含有少量杂质时，无法用温度控制来达到产品质量控制要求，也应采用在线分析仪组成分析量闭环控制系统。乙烯精馏塔就是采用了该方案，功能块详见图 30-89。

在乙烯精馏塔提馏段 112 块塔板上安装在线分析仪，控制塔底物流中乙烯含量为最小［要求≤1.5%（摩尔分数）］。

计算机通过控制 112 块塔板上的乙烯浓度，使塔底乙烯损失最小，计算机读入直接在线测量所得的 112 块塔板上乙烯浓度，并操纵再沸器的热量输入来控制乙烯浓度。计算机也执行前馈和反馈算法而控制再沸器的热量输入，反馈算法比较输入的乙烯浓度和操作员的设定值，并计算消除任何偏差所需的热量输入；前馈算法输入塔的进料流量，并计算由于进料变化所需补偿的热量，以便使 112 块塔板上乙烯浓度偏差减到最小。

计算机通过操纵到塔底再沸器的丙烯流量来控制热量输入。首先，计算机读入丙烯压力，并计算丙烯的汽化热，汽化热乘以丙烯流量得到热量输入。计算机比较这个计算的热量输入和计算的设定值，从而控制丙烯的流量。

塔底出料乙烯损失的控制方案如下。

塔的第 112 块塔板为乙烯浓度变化最灵敏点，控制了该塔板的乙烯浓度即可使塔底出料乙烯损失达到最小值。

CC1822 为乙烯浓度控制块，它的输入来自色谱仪分析信号（乙烯浓度）的输入块，进料质量流量信号（FRA410 输出）作为该控制回路的前馈信号送到动态前馈（超前/滞后）控制块 CC1823。控制块 CC1823 输出信号作为塔底再沸器热量调节块 CC1821 的设定信号，CC1821 的测量值为计算块 XC1821 的输出。

5.4.2 精馏塔的压力控制系统

精馏塔应在恒压情况下工作，因为塔的压力波动会破坏塔气、液相平衡，破坏塔的平衡操作进而影响产品质量。

影响塔波动的因素很多，如进料流量、组分、再沸器加热蒸汽波动、回流量、回流温度等都会引起塔压波动。

根据工艺要求，精馏塔可在加压、常压或负压情况下操作。

加压塔的压力控制方案的确定与塔顶馏出物状态及馏出物中不凝性气体多少有关。

① 液相馏出物中含有大量不凝性气体压力控制方案（见图 30-90）

② 液相馏出物中含有少量不凝性气体压力控制方案（见图 30-91）

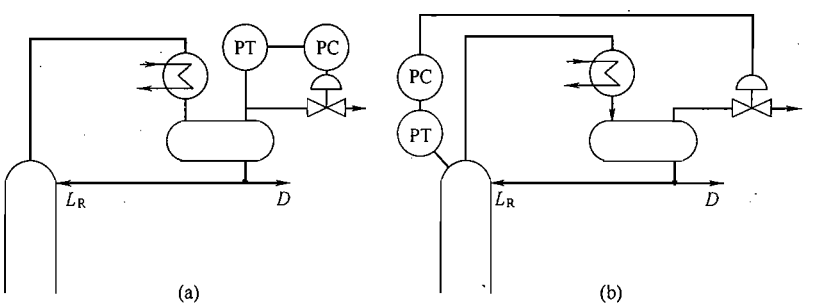


图 30-90 液相馏出物中含有大量不凝性气体的塔顶压力控制系统

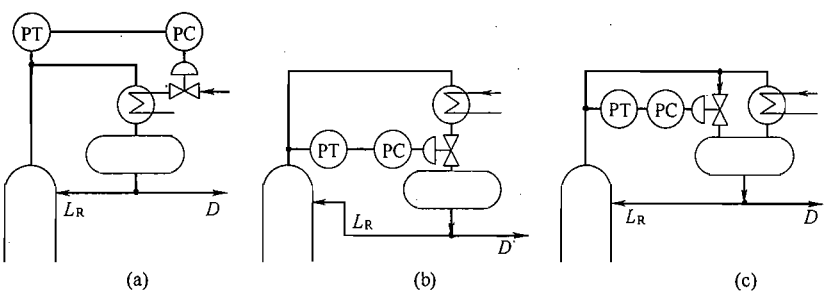


图 30-91 液相馏出物中含有少量不凝性气体压力控制方案

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

方案（a）操作变量为冷却水流量；方案（b）改变传热面积；方案（c）为热旁路控制方法。

③ 气相馏出物的压力控制方案（见图 30-92）

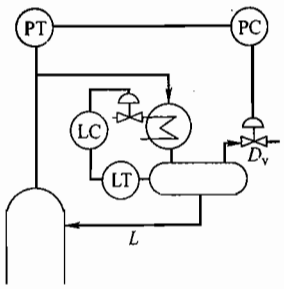


图 30-92 气相馏出物塔顶压力控制系统

当气相馏出物为下工序进料，可考虑压力及气相馏出物流量串级控制方案，见图 30-93。

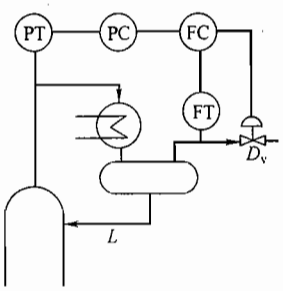


图 30-93 气相馏出物压力-流量串级控制系统

5.4.3 精馏塔的复杂控制系统

(1) 内回流控制系统

当塔顶采用风冷式冷凝器时，由于大气温度受季节和昼夜变化的影响，作为制冷剂的空气温度变化致使冷凝器出口回流液温度变化，在这种状态下即使外回流恒定，但通过回流进入塔中的热量并不恒定，这样会破坏塔内的热量平衡，影响塔的平衡操作。内回流是指精馏段内上层塔板流向下层塔板的液体流量，显然内回流无法直接测定，但可以按下列算式间接推算。

$$L_i = L_R\left(1+\frac{c_p \Delta T}{\lambda}\right) \qquad (30\text{-}15)$$

式中 L_i ——内回流量；

L_R ——外回流量；

c_p ——外回流液比热容；

λ ——外回流汽化潜热；

ΔT ——冷凝器进、出口物料温度差。

从公式可知，ΔT 及 L_R 可直接测得，从而也可知道内回流量。内回流控制系统已被广泛应用于精馏塔的塔顶控制系统，组成塔顶温度（或组分）为主环的内回流串级控制系统。

内回流控制系统如图 30-94 所示，DCS/PLC 的软件功能很容易对内回流量进行计算。

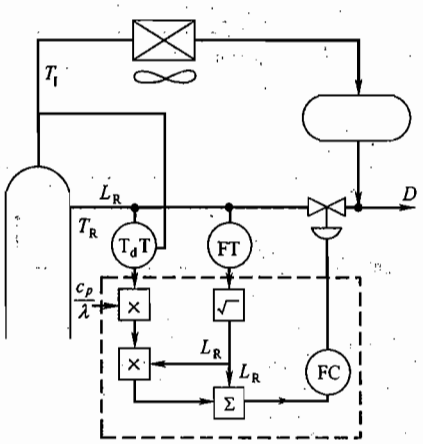


图 30-94 内回流控制系统

(2) 热负荷控制系统

常规控制系统中再沸器常采用恒定加热（或制冷）剂流量恒定的控制方案。实际上这种方案并不能保证再沸器热负荷稳定，所以会导致塔的操作不稳定，尤其当加热（或制冷）剂为气相且压力不稳定时更为严重。因此，对成品精馏塔往往采用热负荷控制系统。乙烯精馏塔为乙烯装置的关键设备，该塔的乙烯馏出物为装置的最终产品，对产品的纯度要求极高，因而对塔底再沸器考虑了热负荷控制系统，如图 30-95 所示。

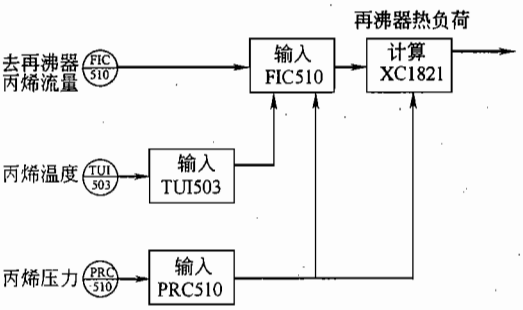


图 30-95 乙烯精馏塔再沸器热负荷控制系统功能块

计算公式为

$XC1821 = H \times FIC510$

$FIC510 = A[(B - PRC510)/C]N$

式中，A、B、C、N 及 H 为回归方程系数。

(3) 塔两端产品指标控制系统

乙烯精馏塔第 9 块塔板侧线抽出物要求乙烯纯度不低于 99.95%(mol)，达到生产聚合级乙烯质量规格。塔底排出物中乙烯损失≤1.5%(mol)。采用塔的两端产品指标控制系统如图 30-86 所示，控制功能块如图 30-96 所示。

从塔的动态特性分析，两端产品指标控制系统之间存在着相互关联的耦合作用，在设计时必须尽量克

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

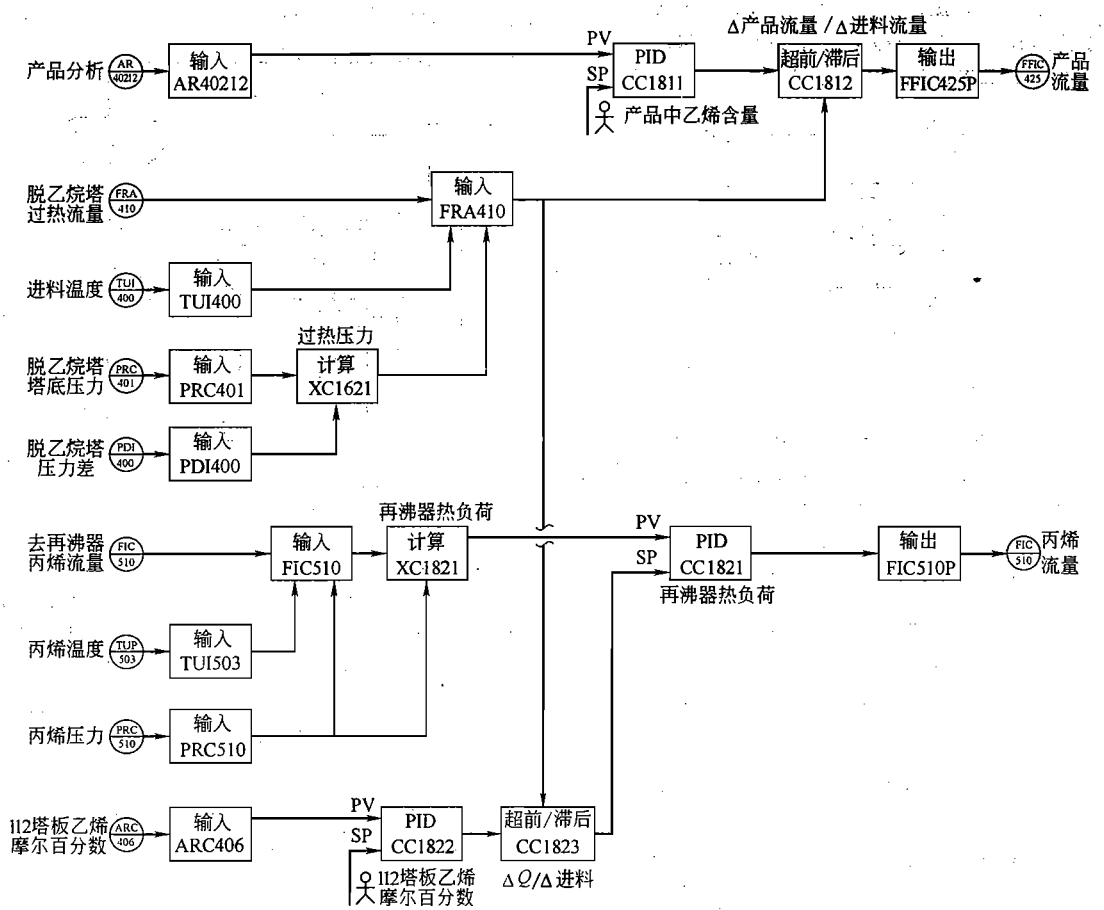


图 30-96 乙烯精馏塔两端产品控制功能块

服或解决这种影响塔操作的问题，否则塔的两端均无法获得良好的结果。

随着对塔的动态模型研究的深入，目前在工程上已采用了较先进的动态矩阵控制系统 DMC（Dynamic Matrix Control）以达到解除塔两端产品指标控制系统的耦合问题，从而获得较好的效果。但要做到这一点必定要花费较多的人力，并要借助计算机仿真技术，因此还不能普遍推广应用。

从工程生产实际需要出发，也可采取简单的手段解决这一问题，常规的做法是通过两端调节回路的参数调整，如放宽一端规格要求（如乙烯塔底部产品规格调节器具有死区非线性功能）以保证另一端产品质量稳定。

(4) 塔的前馈控制系统

精馏塔的进料量或组分波动是影响塔平衡操作的主要干扰，由于进料组分波动不可能频繁出现，因此常把进料流量引入前馈回路中。从图 30-86 乙烯精馏塔的控制方案及图 30-96 控制功能块中可见，通过计算块 XC1621 及输入块 FRA410 计算出来自脱乙烷塔的乙烯精馏塔进料质量流量，通过两个前馈动态补偿超前-滞后环节 CC1812 及 CC1823 分别引入塔顶第 9 块侧线乙烯产品质量控制回路及 112 块塔板质量控制回路，组成两个前馈-反馈控制系统。塔的精馏段操作变量为外回流量，而提馏段的操作变量为液态丙烯排出量。

6 调节阀的选用要点

6.1 调节阀的作用

调节阀作为最终执行元件，在控制系统中起着关键作用。合理的选型和正确的计算，是阀门长期稳定运行的基础。调节阀的作用是，通过流通面积的变化来改变调节阀的管路阻力系数，从而达到调节流量的目的。

6.2 调节阀的分类

一台调节阀由阀体、执行机构及阀门附件组成（见图 30-97）。按执行机构分类，可分为气动、电动、液压三大类，其中以气动应用最为普遍。气动执行机

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

构又分为气动薄膜式（见图30-98）和气缸式（见图30-99）两大类，由于后者输出力矩大，通常应用于高压差和开关切断场合。

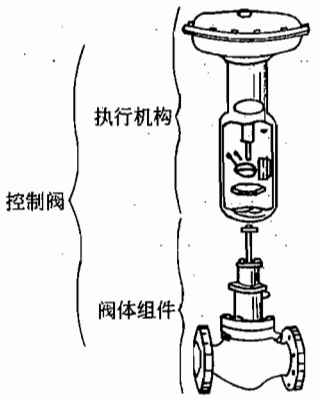


图30-97 调节阀结构

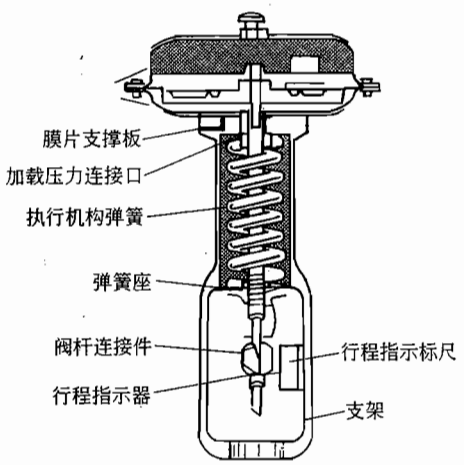


图30-98 气动薄膜式执行机构

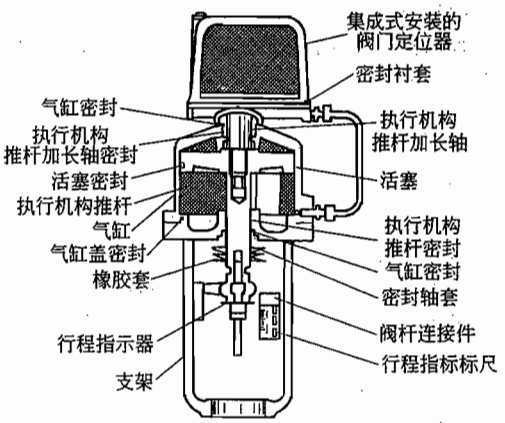


图30-99 气缸式执行机构

调节阀的常规分类是根据阀体的类型。从以往的经验来看，阀体的选型（包括阀内件）是调节阀选用中最重要的一个环节。随着阀门设计和实践应用的发展，人们对各类调节阀的应用场合积累了大量的经验，表30-15列出常用调节阀的优缺点和应用场合。

6.3 调节阀的附件

阀门的附件是为了操作功能需要而设置的，以下分别说明。

(1) 手轮

手动操作。

(2) 气动或电动定位器

可以提高执行机构输出力，改善阀门的动态特性。

(3) 电磁阀

使阀门迅速达到联锁要求位置（阀开或阀关）。手动复位型应用于安全等级高的联锁回路，如燃料气切断阀需待工艺恢复正常后，现场人工手动复位进行确认后方可打开。

表30-15 常用调节阀的优缺点和应用场合

类 型	泄漏量	流量系数	允许压差	应用场合	口径范围
直通单座阀	小	小	中等	3″及以下阀门，强负荷工况	1″～16″
双座阀	大	大	大	压差大，但对泄漏量要求不高	1″～12″
套筒阀	中等	中等	中等	介质干净，无颗粒	1″～16″
角阀	小	小	很大	高压差，悬浮物工况	1″～6″
三通阀	中等	大	小	代替两个单座阀，如旁路流量控制	1″～10″
偏心旋转阀 V型球阀	中等	大	中等	有冲刷、浆料、高黏度工况	1″～12″
蝶阀	中等	很大	小	大口径，低压差	2″～96″
球阀	很小	大	中等	开关切断场合	1″～24″

注：1″=0.0254m。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(4) 阀位开关

阀门到位后的信号反馈，一般指开到位和/或关到位的状态。

(5) 阀位变送器

阀位连续信号反馈，一般应用于关键阀门。

(6) 保位阀

失气后，阀门保持在失气前的工作位置。

(7) 机械限位

为工艺安全而设置的阀位锁定机构，如锅炉给水阀设最小限位，保证任何操作阀门不被关死，有一定流量通过。

(8) 储气罐

供单台阀门使用。当失去气源时，依靠罐内储存的仪表风维持操作一段时间。对于切断阀，一般要求失气后能至少保证阀门开/关各一次的容量。

6.4 调节阀的固有流量特性

调节阀的固有流量特性，是指当阀门两端差压恒定时，通过阀门的流量随开度的变化率。从物理意义上来说，阀门的固有流量特性表明了阀门有效流通面积是如何随开度的变化而变化的，有快开、线性、等百分比及抛物线等几种（见图 30-100），而工程上以前三种应用最多。选择适当阀门的流量特性，目的是为了稳定控制，典型应用如下。

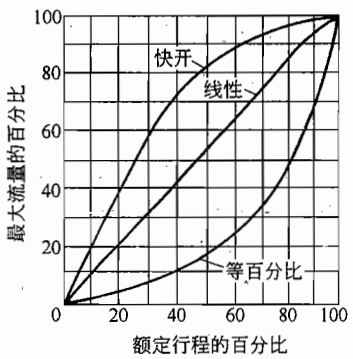


图 30-100 调节阀特性曲线

(1) 快开特性

在小开度范围内，流量随开度的变化率最大，而随着开度的增大，流量的变化率急剧减小。从图 30-100 看，在小开度时阀门的流通能力已经相当大，而在接近全开时，流通能力几乎无变化，所以快开特性阀门主要应用于开关切断场合。

(2) 线性特性

在 0～100%开度内，流量随开度的变化率为常数。也就是说，50%开度下阀门的流通能力是全开时的 50%，依次类推。对于线性阀，正常流量时阀门的相对开度最好为 50%～60%。线性特性的阀门主要适用于系统增益为常数的控制回路，如液位控制阀往往选择线性特性，另外，压缩机防喘振阀门一般也选用线性阀。

(3) 等百分比特性

在小开度范围内，流量随开度变化率增加得很少，但随着阀门开度的增加，其变化率急剧增加。对于等百分比特性阀，正常流量时阀门的相对开度最好为 70%～80%。等百分比特性阀主要应用于压力、流量和温度的控制场合。如换热器温度控制，其负荷越大，温度饱和特性越严重，即系统增益随负荷增大而减小，而等百分比特性正好补偿了这个系统特性。另外，负荷变化较大的系统，如果阀门上的压降随流量增大而减小得厉害，也应选择等百分比特性。

6.5 调节阀的泄漏等级

调节阀的泄漏等级，是指内泄漏等级，参照 ANSI/FCI-70-2 标准，可分为 6 个等级，其中Ⅰ级不用（见表 30-16）。泄漏等级是根据试验状态下的泄漏量大小来划分的，在实际工况中，由于阀门前后压差、操作温度及阀座密封材料不同，其真正的泄漏量是很难确定的。

表 30-16 调节阀的泄漏等级

泄漏等级	最大泄漏量			测试介质	测试温度	压力
Ⅱ级	0.5%额定流量系数			空气	10～52℃	操作压差同3.4bar之间的较小值
Ⅲ级	0.1%额定流量系数			空气	10～52℃	操作压差同3.4bar之间的较小值
Ⅳ级	0.01%额定流量系数			空气	10～52℃	操作压差同3.4bar之间的较小值
Ⅴ级	$5\times10^{-12}m^3/s$,差压(bar),阀座口径(mm)			水	10～52℃	操作压差
Ⅵ级	阀座口径/mm	每分钟的气泡数	最大泄漏量/(mL/min)	空气	10～52℃	操作压差同3.4bar之间的较小值
	25	1	0.15			
	38	2	0.30			
	51	3	0.45			
	64	4	0.60			
	76	6	0.90			
	102	11	1.70			
	152	27	4.00			
	203	45	6.75			

注：1bar=10^5Pa。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

对泄漏等级影响最大的是操作温度和切断压差大小，因为只有软密封（弹性阀座）才可以达到Ⅵ级密封，但如果操作温度较高或压差过大，只有选择硬密封（金属阀座），这样往往达不到Ⅵ级密封。

对调节阀提出过高的泄漏等级要求是不必要的。如果阀门不要求切断功能，上游又有手动切断阀，那么Ⅲ级密封适合于大多数工况，过高的泄漏等级要求不仅增加了投资，而且增加了备件种类和维护工作量。在高压差操作工况下的调节阀可考虑提高泄漏等级，因为高压差时泄漏量较大，易导致阀座损坏。

以下说明典型阀门可达到的泄漏等级。

Ⅱ级 普通双座阀，平衡阀芯的单座阀

Ⅲ级 同Ⅱ级，但阀门密封性能更好

Ⅳ级 普通不平衡阀芯的直通单座阀，平衡阀芯的直通单座阀（多级密封）

Ⅴ级 少量不平衡阀芯的直通单座阀，平衡阀芯的直通单座阀（特殊设计阀座），该等级主要应用于要求紧密切断场合

Ⅵ级 软密封阀座，该等级应用于要求严密切断场合

6.6 气开和气关

气动调节阀有气开和气关类型。气开阀指进执行机构的气压越高，阀门开度越大，而在失气时阀门关闭，亦称为FC（Fail Close）；气关阀指进执行机构的气压越高，阀门开度越小，而在失气时阀门全开，亦称为FO（Fail Open）。

气开和气关类型的选择主要考虑失气时阀门的位置能保证装置安全。

6.7 液体流量系数计算

(1) 流量系数的定义

控制阀流量系数 C_V 是一个无单位量，数值上等于温度为15℃的水在控制阀两端压差为1Psi（1Psi=1.45×10^{-4}Pa）时，1min内流过阀门的体积加仑数（美制加仑，1US gal=3.78541dm³）。一台控制阀在不同开度时的 C_V 值是不同的，C_V 值随着阀门开度的增加而增加，阀门全开时的 C_V 值称为该阀门的额定 C_V 值。计算 C_V 值的目的，在于选择适当口径的控制阀。

(2) 液体 C_V 值的计算公式

$$C_V=1.17Q\sqrt{\frac{G_f}{\Delta p}} \qquad (30\text{-}16)$$

式中 G_f——操作状态下的相对密度；

Q——体积流量，m³/h；

Δp——阀前后的压差，bar（1bar=10^5Pa）。

(3) 液体的阻塞流

从式（30-16）看，通过阀门的流量随着阀两端压差增加可一直增加，但实际上不是这样。根据能量守恒定律，液体流过阀门时，由于节流作用流速增加而静压减少，在缩脉处（最小截面处）的流速最高而静压（p_{VC}）最小，缩脉后流速又减小；至阀后 p_2 处静压得到恢复（见图30-101）。如果阀压差 Δp 足够大，会出现极限流量，再增大压差流量也不再增加，这种现象称为液体阻塞流。

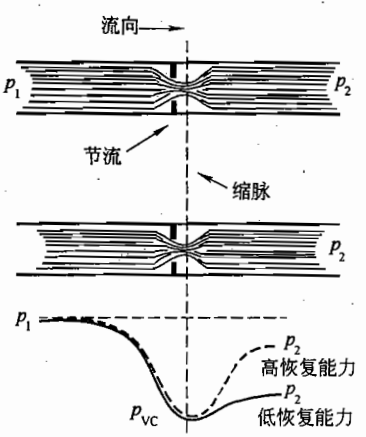


图30-101 阀内压力恢复特性

p_1—上游压力；p_2—下游压力；p_{VC}—缩脉处压力；$\Delta p=p_1-p_2$；$\Delta p_{VC}=p_1-p_{VC}$

(4) 压力恢复系数

为了计算液体发生阻塞流时的起始压差 Δp_C，引入压力恢复系数 F_L，其定义见式（30-17）。

$$F_L=\sqrt{\frac{p_1-p_2}{p_1-p_{VC}}} \qquad (30\text{-}17)$$

F_L 是一个实验数据，代表了液体流过阀门时的静压恢复能力，与阀形式、流向和阀开度有关。几何形状相同的阀门不管大小，F_L 值都相同。表30-17为典型阀门 F_L/χ_T 参考值。

$$\Delta p_C=F_L^2(p_1-r_c p_V) \qquad (30\text{-}18)$$

式中，$r_c=0.96-0.28\sqrt{\frac{p_V}{p_C}}$。

一旦操作压差大于 Δp_C，表明已发生阻塞流。此时式（30-16）中 Δp 要用 Δp_C 代入后计算液体 C_V 值。

单座阀的 F_L 比蝶阀或球阀要大，也就是 p_2 恢复得少，故称为低恢复能力阀。

(5) 阻塞流工况

发生阻塞流后，再根据 p_2 与 p_V 大小，分闪蒸和气蚀两种工况。若下游压力 $p_2<p_V$，就称为闪蒸工况；如果 $p_2>p_V$，就称为气蚀工况。闪蒸工况不可避免，因为这是工艺的要求，如液体气化变作冷剂。气蚀工况应尽量避免，因为这时阀内部发生了液变气，气再变液的过程，而当气变回液时，由于气泡

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 30-17 典型阀门 F_L/χ_T 参考值

阀门形式	阀芯类型	流 向	$\frac{F_L}{\chi_T}$
单座阀	柱塞型	流 开	$\frac{0.9}{0.72}$
	柱塞型	流 关	$\frac{0.8}{0.55}$
	窗口型	任 意	$\frac{0.9}{0.75}$
	套筒型	流 开	$\frac{0.9}{0.75}$
	套筒型	流 关	$\frac{0.85}{0.7}$
双座阀	柱塞型	任 意	$\frac{0.85}{0.7}$
	窗口型	任 意	$\frac{0.9}{0.75}$
角型阀	柱塞型	流 开	$\frac{0.9}{0.72}$
	柱塞型	流 关	$\frac{0.8}{0.65}$
	套筒型	流 开	$\frac{0.85}{0.65}$
	套筒型	流 关	$\frac{0.8}{0.6}$
球阀	O形球阀	任 意	$\frac{0.55}{0.15}$
	V形球阀	任 意	$\frac{0.6}{0.25}$
偏心旋转阀	柱塞型	流 开	$\frac{0.85}{0.61}$
	柱塞型	流 关	$\frac{0.68}{0.4}$
蝶阀	60°全开	任 意	$\frac{0.68}{0.38}$
	90°全开	任 意	$\frac{0.6}{0.35}$

破裂而释放大量能量，噪声、振动和冲蚀也同时产生，这种情况下阀门的寿命将大大缩短。典型的工况如锅炉给水泵的旁路阀。

要避免气蚀，可以选择低恢复能力阀。从公式(30-17)来看，如果 F_L 比较大，则 p_{VC} 更接近 p_2，这样 p_{VC} 能大于 p_V，而不发生液体气化的过程，从而避免了阻塞流。所以，抗气蚀阀门大多数为柱塞阀。

6.8 气体和蒸汽流量系数计算

气体为可压缩流体，其产生阻塞流的机理与液体不同，当操作压差比 χ 很小时，通过阀门的流量随着阀两端压差的增加而增加，χ 逐渐增大到一定数值 χ_T 后，阀后缩脉处达到声速，这时再增加压差流量也不会随着增加，产生了气体阻塞流。

(1) 气体 C_V 值的计算公式

$$C_V=\frac{Q_n}{2250p_1Y}\times\sqrt{\frac{MT_1Z}{\chi}} \qquad (30\text{-}19)$$

$$Y=1-\frac{\chi}{3F_\kappa\chi_T}$$

$$\chi=\frac{p_1-p_2}{p_1}$$

式中 Q_n——标态体积流量，m^3/h；

p_1——上游压力，bar（A），$1bar=10^5Pa$；

M——分子量；

T_1——上游温度，K；

Z——气体压缩系数；

Y——气体膨胀系数；

χ——操作压差比；

F_κ——比热比系数，$F_\kappa=\frac{\kappa}{1.4}$；

χ_T——气体极限压差比（见表 30-17）；

κ——等熵指数。

气体通过阀门时，最大（极限）压差比为 χ_T，如果操作压差比 χ 大于 $F_\kappa\chi_T$，可认为产生了阻塞流，此时公式(30-19)中 χ 要用 $F_\kappa\chi_T$ 替代来计算气体 C_V 值。

(2) 蒸汽流量系数计算公式

$$C_V=\frac{W(1+0.00126T_{SH})}{6.6p_1(3-\chi/\chi_T)\sqrt{\chi}} \qquad (30\text{-}20)$$

式中 W——蒸汽质量流量，kg/h；

T_{SH}——蒸汽过热度，℃；

p_1——上游压力，bar（A）。

一旦 $\chi_T>\chi$，可认为产生了阻塞流，用 χ_T 替代式(30-20)中 χ 来计算蒸汽 C_V 值。

(3) 流量系数计算小结

在流体可能发生阻塞流工况时，工艺必须提供 p_V、p_C、κ 等物性参数作为计算判断是否发生阻塞流的依据，如果确实发生，以上参数还将用于 C_V 值的计算。

尽量要避免液体汽蚀工况，因为此时阀门寿命极短。对于气体应用实际工况，单座阀的极限压差比 χ_T 为 0.5 左右，而蝶阀接近 0.15，也就是说，蝶阀容易产生阻塞流。扩大阀门口径并不能避免阻塞流，但可降低阀内流速，从而减少冲蚀。

6.9 调节阀推荐流速

对于液体，一般调节阀入口流速应小于 10m/s，而蝶阀小于 7m/s。如果发生阻塞流则要求更小，以减少阀门内件磨损。

对于气体，连续工况的调节阀入口流速应小于 $0.3v_s$，而间歇工况小于 $0.5v_s$。但计算噪声都不应大于 110dB（A）。

$$v_s=91\sqrt{\frac{\kappa T}{M}} \qquad (30\text{-}21)$$

式中 κ——等熵指数；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

M——分子量；

T——操作温度，K。

6.10 调节阀口径的选择

首先，调节阀应保证能通过工艺要求的最大流量，并保留一定富裕量。根据工艺操作的负荷变化，一般至少考虑15%。其次，根据所选调节阀流量特性，使阀门在正常流量时工作在适当的开度，这时的阀门工作特性较好。但最终选定阀门只有一台，如果要求阀门在最小/正常/最大流量下都保证适当开度，这是不合实际的。要求控制的流量范围较大，分程控制是最好的选择；对于放空调节阀，考虑最大流量能通过即可，不必考虑开度要求。所以，口径选择要了解工艺特性，最好能提出最小/正常/最大流量下的操作参数和操作要求。值得注意的是，一些压力控制回路，正常流量和最大流量下的阀上压降差别很大，有时达2倍以上，这时如果误认为压降不变，所选阀门可能偏小。

从静态角度看，调节阀能通过工艺最大流量即可，阀门口径越大越保险，但过大口径的阀门实际开度偏小，阀门动态特性不好，系统调节品质差。

调节阀能通过的流量受制于管路阻力分布。随着流量增大，管路压力损失也急剧增加，阀门上相应分配的压差减少，所以全开时通过阀门的实际流量与理论值相差很多。

6.11 调节阀的手轮和阀组

是否设置手轮和阀组，应根据装置和单元的操作要求，结合物性和操作安全规程，不能一概而论。以下说明可作参考。

① 安装在2″及以上管道上的调节阀应设置手轮。

② 如果设置了手轮，可不设操作旁路，二者取一。旁路阀的作用是在开车或调节阀失灵时，手动控制流量。

③ 三通阀应设置手轮。

④ 锅炉给水阀应设开车旁路。

⑤ 物料含颗粒，或开车状态时物料黏度大，需设旁路。

⑥ 正常操作压差大于10bar，考虑设置旁路。

⑦ 蒸汽操作压差大于8bar，考虑设置旁路。

⑧ 并联调节阀，操作为一开一备的，可不设手轮和旁路。

⑨ 放空调节阀，不应设手轮和旁路。

⑩ 紧急停车切断阀，不应设手轮和旁路。

⑪ 燃料调节阀，不应设手轮。

6.12 调节阀的噪声

调节阀的噪声受多方面因素影响，本节不涉及由于机械振动、反射/谐振而产生的噪声，只根据VDMA 24422标准，对液体流体动力学噪声和气体空气动力学噪声作出分析。

一般认为离开管道1m处小于85dB（A）的噪声是可以接受的。调节阀在大多数工况下都小于这个数值。对于液体工况，噪声水平通常不高，计算参见公式（30-22），就是在闪蒸工况下，保守估计也不会超过90dB（A）。但如果发生气蚀（$X_F > z$）噪声急剧增加，计算参见公式（30-23）。

$$L_A = 10\lg C_V + 18\lg(p_1 - p_V) - 5\lg\rho + 18\lg(X_F/z) + 39 + \Delta L_P \quad (30\text{-}22)$$

$$L_A = 10\lg C_V + 18\lg(p_1 - p_V) - 5\lg\rho + 292(X_F - z)^{0.75} - (268 + 38z)(X_F - z)^{0.935} + 39 + \Delta L_F + \Delta L_P \quad (30\text{-}23)$$

$$X_F = \frac{\Delta p}{p_1 - p_V}$$

式中 L_A——噪声水平，dB（A）；

p_1——上游压力，bar（A）；

p_V——液体饱和蒸汽压，bar（A）；

ρ——液体密度，kg/m³；

z——噪声特性压降比系数，见表30-18；

ΔL_P——管壁修正系数，见表30-19；

ΔL_F——液体噪声计算阀门修正系数。

表30-18 噪声特性压降比系数 z

阀门形式	阀门开度/%									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
直通单座阀	0.60	0.49	0.37	0.32	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
套筒降噪阀	0.64	0.64	0.54	0.45	0.39	0.37	0.35	0.34	0.34	0.33
偏心旋转阀	0.44	0.43	0.41	0.38	0.35	0.31	0.28	0.25	0.20	0.16
蝶阀	0.38	0.34	0.31	0.28	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11
球阀	0.52	0.51	0.47	0.42	0.36	0.29	0.22	0.16	0.09	0.06

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 30-19 管壁厚度的校正系数 ΔL_P

口径/mm	壁厚/mm																
	2.9	3.2	3.6	4	4.5	5.6	6.3	7.1	8	10	11	12.5	14.2	16	20	25	30
50	0	−0.5	−1	−2	−3.5	−6	−7.5	−9	−11	−13							
80		0.5	0	−0.5	−1	−2	−3.5	−5	−6.5	−10	−12	−14					
100			0.5	0	−0.5	−1.5	−2.5	−3.5	−5	−8	−9	−11.5	−13	−15			
150					0.9	0	−1	−2	−3	−5	−6	−7	−9	−10	−11.5	−17	
200						0.5	0	−0.5	−1.5	−3.5	−4.5	−6	−7	−8.5	−11	−15	−17
250						1	0.5	0	−1	−3	−4	−5.5	−6.5	−8	−10	−13	−15.5
300							1	0.5	0	−2.5	−4	−5.5	−6.5	−8	−10	−13	−15.5
400								0.5	0	−2.5	−4	−6	−7	−8	−10.5	−13.5	−16
500									0	−2.5	−4	−6	−7	−8.5	−11	−13.5	−16.5
600									0	−2.5	−4	−6	−7	−8.5	−11.5	−14	−17
800									0	−2.5	−4	−6	−7	−9	−12	−15	−17

对于气体，在低压降比时，阀门引起噪声的主要原因是湍流，在高压降比时，冲击湍流成为主要的噪声源。而一旦形成阻塞流，噪声将超过 95dB（A）。气体比液体更容易产生噪声是因为气体的操作流速一般比液体高，而高流速是产生噪声的主要因素。气体噪声计算参见公式（30-24）。

$$L_A = 14\lg C_V + 18\lg p_1 + 5\lg T_1 - 5\lg \rho_n + 20\lg[\lg(p_1/p_2)] + 51 + \Delta L_P + \Delta L_G + \Delta L_{p2} \quad (30\text{-}24)$$

式中 L_A ——噪声水平，dB（A）；

p_1 ——上游压力，bar（A）；

p_2 ——下游压力，bar（A）；

T_1 ——上游温度，K；

ρ_n ——标态下的气体密度，kg/m^3；

ΔL_P ——管壁修正系数；

ΔL_G ——气体噪声计算阀门修正系数；

ΔL_{p2} ——下游压力修正因子，p_2<30bar（A），取0；30bar（A）<p_2<55bar（A），取$(30-p_2)/2.5$；p_2>55bar（A），取−10。

减少噪声有几种方法，管道增加壁厚及增加绝热保护层是可行方法，同时可选择低噪声阀、阀后增加管道降噪元件等。工艺设计也应考虑相应设备，如高压气体放空一般有消声器等，这样从各个环节降低整个管路的噪声。

6.13 调节阀的气源要求

调节阀的附件，如电/气转换（或定位）器、气动放大器、保位阀等，都属于气动元件，因此调节阀的气源质量可根据仪表净化空气的要求确定。

(1) 露点温度

指操作压力下的露点温度，要求至少比环境最低温度低 10℃。例如，干燥器出口压力为 7bar，环境最低温度为−15℃，那么露点温度要求 7bar 时为−25℃。

(2) 含尘量

含尘粒径不大于 3μm。

(3) 含油量

应尽量小，不大于 1μg/g（或 μL/L）。

(4) 压力

应根据最终仪表用气要求统一考虑，一般选用 7bar。

(5) 耗气量

单台调节阀的稳态耗气量为 1.6～2.5m^3(标)/h。开关阀应根据气缸大小和动作频率估算，最大耗量可考虑调节阀耗气量的 3～5 倍。

(6) 停气保用时间

为避免因气源中断而造成装置停车，应设置仪表空气储罐。容量根据工艺操作要求，一般保用时间为 20～30min。

6.14 调节阀的安装

安装物理位置尽量靠近相关设备，例如液位调节阀最好安装在就地液位计附近；加热炉的原料和燃料调节阀应远离设备；防喘振阀最好安装在管路的最高点；如果阀后流体为气/液二相，安装位置离设备进口越近越好。

安装地点要考虑维修和操作，要求在地面或平台上。如果在平面上要留出维修通道。执行机构上方要留出足够空间，以便维修执行机构和阀门内件。如果调节阀有手轮，必须考虑操作面和操作空间。

大多数调节阀可安装在任何方位，优先考虑方位是执行机构垂直于地面。如果受安装空间局限，执行

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

机构也可水平于地面安装，这时要考虑为执行机构增加垂直支撑。

一般调节阀的流向为单一的，应根据阀体上流向标记进行安装。但有些开关球阀为双向密封，正反安装均可。

对于三通阀和角型阀，应该早确定进、出口方位，以便管道设计走向。

调节阀组的配管布置可参照图 30-102 和图 30-103 所示。

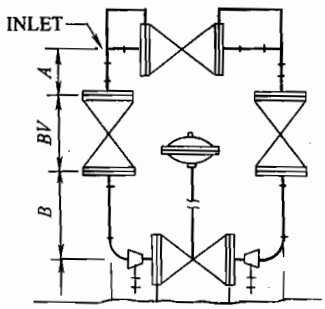


图 30-102 调节阀组的配管布置一

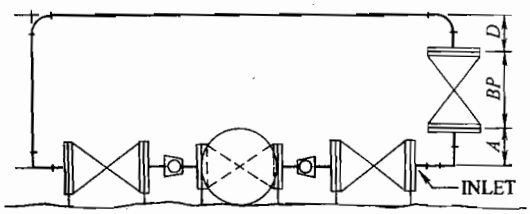


图 30-103 调节阀组的配管布置二

7 现场总线

现场总线（Fieldbus）是一种应用于生产现场，在现场设备之间、现场设备和控制装置之间实行双向、串形、多结点的数字通信技术。作为自动化应用领域最为先进的技术，它与计算机技术、通信技术、网络技术、信息技术和控制技术等高新科技的发展分不开的，是实现工厂管理控制一体化的基础。现场总线技术从工业研究到实际应用的发展已有 20 年历史，正日趋成熟。1984 年，现场总线的概念得到正式提出，IEC（International Electrotechnical Commission，国际电工委员会）对现场总线（Fieldbus）进行了定义，2003 年 4 月，IEC 61158 Ed. 3 现场总线标准第 3 版正式成为国际标准，共规定 10 种类型的现场总线。各种类型的现场总线都有其不同特点和适用的领域。其中 FF H1（基金会现场总线 Foundation fiedbus）、PROFIBUS-PA 现场总线更适用于石油、化工、医药、冶金等行业的过程控制领域。

由于世界范围内现场总线尚未得到广泛应用，正处在完善和发展过程中。国内的不少工厂在几年前也开始尝试采用该先进技术，但在应用上还是较为谨慎。以下仅针对应用于石化、化工行业的主流现场总线 FF H1 展开说明。

7.1 现场总线控制系统（FCS）与集散控制系统（DCS）

集散控制系统（DCS）（见图 30-105）和现场总线控制系统（FCS）（见图 30-104）都是用于过程控

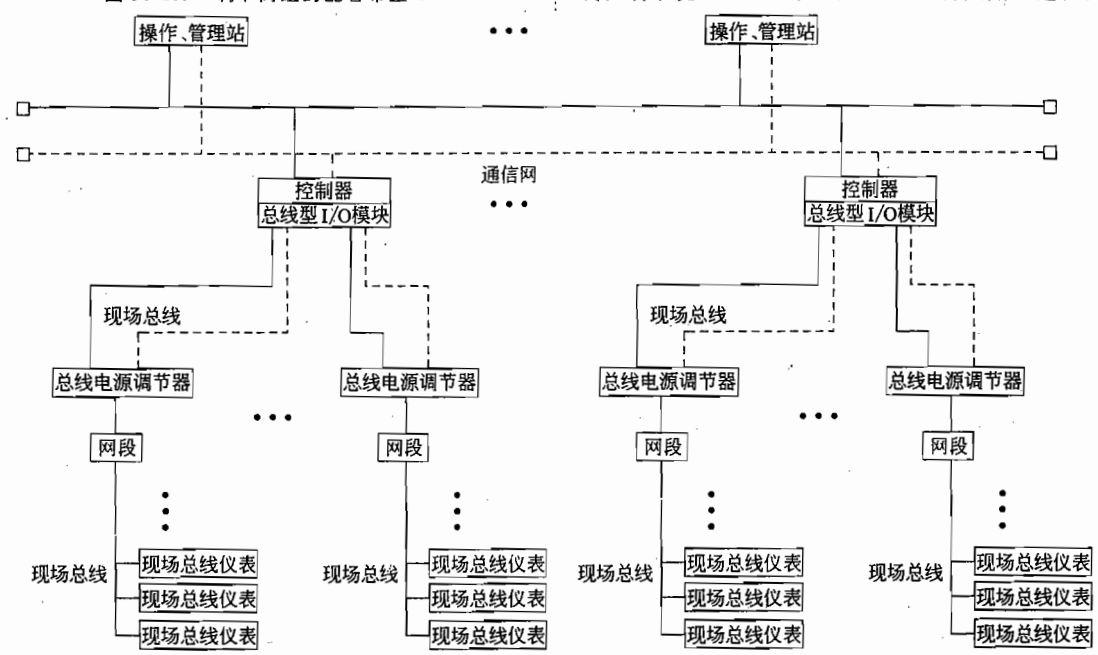


图 30-104 现场总线控制系统（FCS）结构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

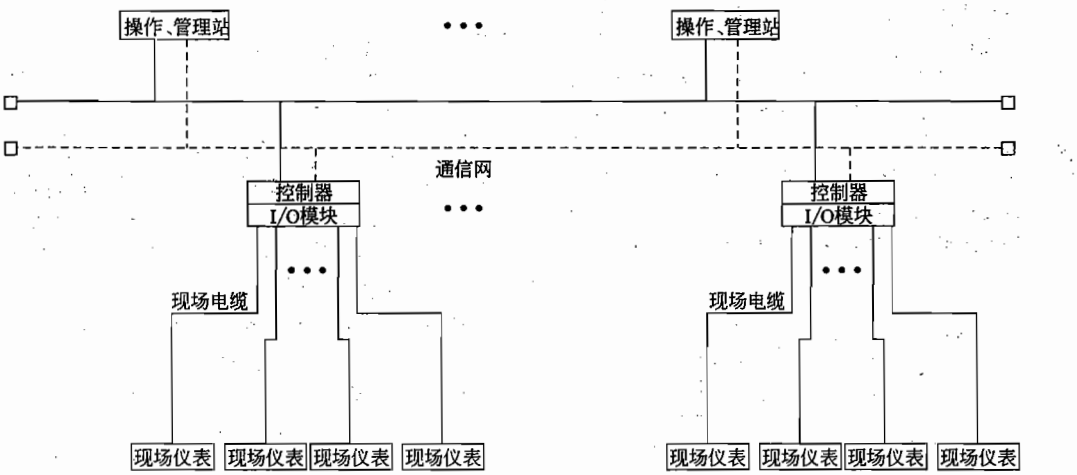


图 30-105 集散控制系统（DCS）结构

制的计算机系统，其在企业管理控制一体化的地位都是处在基础自动化层。两者的主要比较如下。

① 管理和控制的集中与分散。都是基于集中管理和分散控制的理念，DCS 系统将控制功能分散到控制系统的不同 CPU，FCS 系统将基础控制功能分散到现场。从管理的角度，FCS 系统获取的管理信息更多，能更好地服务于企业的管理需求。

② 信号传输技术。DCS 系统采集的变量为单一的模拟量或开关量信号，FCS 则采用数字传输技术，实现多变量、双向信号传输。

③ 系统结构比较见图 30-104、图 30-105。

7.2 现场总线主要特点

① 开放性。由于现场总线是开放性网络，凡符合现场总线通信协议的任何一个制造厂商的现场总线仪表产品都能方便地连接到现场总线通信网，用户可以选用不同厂商的现场总线产品，集成在一个 FCS 系统中，实现信息交换。

② 互操作和互换性。不同厂商的相同通信协议的仪表，在各自操作环境中完成相互通信功能，并且实现同一功能同类仪表的互换。

③ 智能化和数字化。由于现场总线仪表采用微处理机和数字通信技术，可以完成各种传统设计中必须由 DCS 实现的基本运算和控制功能，控制功能下放至现场级（如智能阀门定位器），实现真正的分散控制；可接受上层控制系统的指令，实现远程量程调校和组态；可获取仪表设备运行状态信号，向上层专用的设备管理系统提供必要的故障诊断、维护信息。

④ 抗干扰。现场总线专为现场应用而设计，数字化通信可采用双绞线、同轴电缆和光缆等多种类型，有很强的抗电磁干扰能力。

7.3 FF H1 现场总线设计要点

系统对于每个网段上功能块的容量、规定时间内传输数据量都有限制，决定着所挂仪表的数量。

① 现场总线仪表的选型。现场总线仪表的功能由所带功能模块决定。现场总线仪表所带功能模块位置的不同，现场总线上的通信量也就不同。从网络的运行时间要求（宏循环周期时间）考虑，合理的现场总线仪表的选型可使通信量减少。通常为提高 FF H1 总线工作效率，将单回路和串级控制回路的付环 PID 控制模块放在智能阀门定位器中，以减少系统控制器与现场阀门定位器之间的通信量。

② 系统设备配置的可靠性。现场总线有关设备要冗余考虑，FF H1 电源调节器应带有冗余配电模块；控制器、H1 卡应冗余设置。每一网段至少有一个现场总线仪表配置链路活动调度器 LAS（Link Active Scheduler）。

③ 网段负载分布的设计。对于一个设备，如加热和除热管段中的仪表应分别置于不同网段中；有多点测量的设备，应将仪表均匀分布于多个网段中；备用设备的仪表应分布于不同的网段中；不同重要级别的控制阀，按工程设计有关规定采取合理、安全的分布方式。

④ 电压压降和电流限制的计算。现场总线仪表的驱动电压为 9～32VDC，也即现场仪表的工作电压至少要达到 9VDC。所以，H1 总线网段上仪表数量依据电压、电缆的直流电阻及每台仪表所消耗的电流进行计算。对于选用的 FF H1 电源调节器需考虑其配电能力，它决定可挂仪表的数量和总线电缆长度。

⑤ 系统通信时间的约束。为了减少通信量，控制回路中相关的测量仪表和阀门最好位于同一网段中，以便加快运算速度。由于宏循环周期一般设置为

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

500ms～1s，如果一个网段中的功能块处理时间达到0.25s，则其仪表最多只能3个，网段的非周期时间（用于对现场总线仪表功能块中的参数设计或调整的时间）应不小于宏循环周期时间的50%。

每个网段的负载中的阀门理论上可接2～4个。

参考文献

[1] T. J. Williams. 工业系统中的数字过程控制和数学模型建立（内部资料）.

[2] 蒋蔚孙，俞金寿编著. 过程控制工程. 第2版. 北京：中国石化出版社，1999.

[3] F. G. 欣斯基. 蒸馏控制. 北京：石油化工出版社，1982.

[4] 周春晖主编. 过程控制工程手册. 北京：化学工业出版社，1991.

[5] M. R. 斯克罗科夫主编. 工业过程的小型微型计算机控制系统和应用手册. 北京：化学工业出版社，1987.

[6] G. J. Cordova et al. MICROPROCESSOR-BASED DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM. C. E. JAN. 1985.

[7] D. R. Seitz. PROFILE OF A SUCCESSFUL COMPUTER CONTROL PROJECTS. CEP. OCT. 1983.

[8] ISA-S75.01-1985. FLOW EQUATIONS FOR SIZING CONTROL VALVES.

[9] REFINING CONTROL VALVES. API-553-1998.

[10] 上海自动化仪表七厂编译. 控制阀口径计算手册（内部资料）.

[11] CONTROL VALVE SEAT LEAKAGE ANSI/FCI 70-2-1991.

[12] FLOW CONTROL MANUAL（内部资料）. NELES-JAMESBURY，1992.

[13] 俞金寿，何衍庆，邱宣振编. 化工自控工程设计. 上海：华东化工学院出版社，1991.

[14] 陆德民主编. 石油化工自控设计手册. 北京：化学工业出版社，2000.

[15] John R. Jaston，W. Drian，Tiercy. Farhin INTEGRATED TURBINE COMPRESSOR CONTROL RETROFIT FOR AN OLEFINS UNIT. 1995.

[16] SEMINOR ON CONTROLS FOR STEAM TURBINE IN PETROCHEMICAL INDUSTRY. WOODWARD GEVERNOR Ltd. 1994.

[17] Fieldbus Wiring Design and Installation Guicle Relcom. inc.（内部资料）.

[18] 王慧锋，何衍庆编著. 现场总线控制系统原理及应用. 北京：化学工业出版社，2006.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第31章 采暖通风和空气调节

1 采暖

1.1 建筑物耗热量计算

建筑物耗热量是指当室外气温达到采暖计算温度的条件时，保持室内气温符合设计温度所需的热量。建筑物耗热量包括：基本耗热量、附加耗热量、由外部送入厂房的冷料和运输工具的吸热量和通风耗热量。

围护结构耗热量包括基本耗热量和附加耗热量两部分。

1.1.1 围护结构的热阻和最大传热系数

围护结构的热阻 R_n 应保证室内空气中水分在围护结构内表面不发生凝结现象，为此要求室内温度与围护结构内表面温度之间不超过允许温差值见表31-1。

由围护结构内表面的热阻及上述允许温差值结合室内外温差条件，可用式（31-1）计算出围护结构的最小热阻值。

$$R_{o\cdot min}=\frac{a(t_n-t_w)}{\Delta t_y \alpha_n} \qquad (31\text{-}1)$$

或

$$R_{o\cdot min}=\frac{a(t_n-t_w)}{\Delta t_y}R_n$$

式中 $R_{o\cdot min}$——围护结构的最小热阻，$(m^2\cdot℃)/W$；

t_n——冬季室内计算温度，℃；

t_w——冬季围护结构室外计算温度，℃；

a——围护结构温差修正系数，见表31-16、表31-17；

Δt_y——冬季室内计算温度与围护结构内表面温度的允许温差，℃，见表31-1；

α_n——围护结构内表面换热系数，$W/(m^2\cdot℃)$，按表31-13选用；

R_n——围护结构内表面热阻，$(m^2\cdot℃)/W$，见表31-13。

以上计算不适用于窗、阳台门和天窗；砖石墙体的热阻可比式（31-1）的计算结果小5%；外门（阳台门除外）的最小热阻不应小于按采暖室外计算温度所确定的外墙最小热阻的60%；当相邻房间的温差大于10℃时，内围护结构的最小热阻也应通过计算确定；当居住建筑、医院及幼儿园等建筑物采用轻型结构时，其外墙最小热阻尚应符合国家现行《民用建筑热工设计规范》及《民用建筑节能设计标准》（采暖居住建筑部分）的要求。

表31-1 允许温差 Δt_y 值 /℃

建筑物或房间类别	外墙	屋顶
居住建筑、医院和幼儿园等	6.0	4.0
办公建筑、学校和门诊部等	6.0	4.5
公共建筑（上述指明者除外）和工业企业辅助建筑物（潮湿的房间除外）	7.0	5.5
室内空气干燥的工业建筑	10.0	8.0
室内空气湿度正常的工业建筑	8.0	7.0
室内空气潮湿的公共建筑、工业建筑 当不允许墙和顶棚内表面结露时 当仅不允许顶棚内表面结露时	 t_n-t_l 7.0	 $0.8(t_n-t_l)$ $0.9(t_n-t_l)$
室内空气潮湿且具有腐蚀性介质的工业建筑	t_n-t_l	t_n-t_l
室内散热量大于23W/m³，且计算相对湿度不大于50%的工业建筑	12.0	12.0

注：1. 室内空气干湿程度的区分应根据室内温度和相对湿度按表31-2确定。

2. 与室外空气相通的楼板和非采暖地下室上面的楼板，其允许温差 Δt_y 值可采用2.5℃。

3. 表中 t_n——冬季室内计算温度，℃；

t_l——在室内计算温度和相对湿度状况下的露点温度，℃。

由式（31-1）求得围护结构的最小热阻值后，可由式（31-2）求得围护结构的最大传热系数。

$$K_T=\frac{1}{R_{o,min}}\ W/(m^2\cdot℃) \qquad (31\text{-}2)$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-2　室内干湿程度的区分

干湿程度类别	温度/℃		
	≤12	13～24	>24
	相对湿度/%		
干　燥	≤60	≤50	≤40
正　常	61～75	51～60	41～50
较　湿	>75	61～75	51～60
潮　湿	—	>75	>60

1.1.2　围护结构热工性能节能限值

根据建筑所处城市的建筑气候分区，在进行采暖、通风与空调设计中，建筑物围护结构的热工性能应分别符合表 31-4、表 31-5、表 31-6、表 31-7、表 31-8、表 31-9 的规定。其中外墙的传热系数为包括结构性热桥在内的平均值 K_m。当建筑所处城市属于温和地区时，应判断该城市的气象条件与表 31-3 中的哪个城市最接近，围护结构的热工性能应符合那个城市所属气候分区的规定。

表 31-3　主要城市所处气候分区

气候分区	代表性城市
严寒地区 A 区	海伦、博克图、伊春、呼玛、海拉尔、满洲里、齐齐哈尔、富锦、哈尔滨、牡丹江、克拉玛依、佳木斯、安达
严寒地区 B 区	长春、乌鲁木齐、延吉、通辽、通化、四平、呼和浩特、抚顺、大柴旦、沈阳、大同、本溪、阜新、哈密、鞍山、张家口、酒泉、伊宁、吐鲁番、西宁、银川、丹东
寒冷地区	兰州、太原、唐山、阿坝、喀什、北京、天津、大连、阳泉、平凉、石家庄、德州、晋城、天水、西安、拉萨、康定、济南、青岛、安阳、郑州、洛阳、宝鸡、徐州
夏热冬冷地区	南京、蚌埠、盐城、南通、合肥、安庆、九江、武汉、黄石、岳阳、汉中、安康、上海、杭州、宁波、宜昌、长沙、南昌、株洲、永州、赣州、韶关、桂林、重庆、达县、万州、涪陵、南充、宜宾、成都、贵阳、遵义、凯里、绵阳
夏热冬暖地区	福州、莆田、龙岩、梅州、兴宁、英德、河池、柳州、贺州、泉州、厦门、广州、深圳、湛江、汕头、海口、南宁、北海、梧州

表 31-4　严寒地区 A 区围护结构传热系数限值

围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K/[W/(m²·K)]	0.3<体形系数≤0.4 传热系数 K/[W/(m²·K)]
屋面		≤0.35	≤0.30
外墙(包括非透明幕墙)		≤0.45	≤0.40
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤0.45	≤0.40
非采暖房间与采暖房间的隔墙或楼板		≤0.6	≤0.6
单一朝向外窗(包括透明幕墙)	窗墙面积比≤0.2	≤3.0	≤2.7
	0.2<窗墙面积比≤0.3	≤2.8	≤2.5
	0.3<窗墙面积比≤0.4	≤2.5	≤2.2
	0.4<窗墙面积比≤0.5	≤2.0	≤1.7
	0.5<窗墙面积比≤0.7	≤1.7	≤1.5
屋顶透明部分		≤2.5	

表 31-5　严寒地区 B 区围护结构传热系数限值

围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K/[W/(m²·K)]	0.3<体形系数≤0.4 传热系数 K/[W/(m²·K)]
屋面		≤0.45	≤0.35
外墙(包括非透明幕墙)		≤0.50	≤0.45
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤0.50	≤0.45
围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K/[W/(m²·K)]	0.3<体形系数≤0.4 传热系数 K/[W/(m²·K)]
非采暖房间与采暖房间的隔墙或楼板		≤0.8	≤0.8
单一朝向外窗(包括透明幕墙)	窗墙面积比≤0.2	≤3.2	≤2.8
	0.2<窗墙面积比≤0.3	≤2.9	≤2.5
	0.3<窗墙面积比≤0.4	≤2.6	≤2.2
	0.4<窗墙面积比≤0.5	≤2.1	≤1.8
	0.5<窗墙面积比≤0.7	≤1.8	≤1.6
屋顶透明部分		≤2.6	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-6 寒冷地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位		体形系数≤0.3 传热系数 K/[W/(m²·K)]		0.3<体形系数≤0.4 传热系数 K/[W/(m²·K)]	
屋面		≤0.55		≤0.45	
外墙(包括非透明幕墙)		≤0.60		≤0.50	
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤0.60		≤0.50	
非采暖空调房间与采暖空调房间的隔墙或楼板		≤1.5		≤1.5	
外窗(包括透明幕墙)		传热系数 K /[W/(m²·K)]	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)	传热系数 K /[W/(m²·K)]	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)
单一朝向外窗(包括透明幕墙)	窗墙面积比≤0.2	≤3.5	—	≤3.0	—
	0.2<窗墙面积比≤0.3	≤3.0	—	≤2.5	—
	0.3<窗墙面积比≤0.4	≤2.7	≤0.70/—	≤2.3	≤0.70/—
	0.4<窗墙面积比≤0.5	≤2.3	≤0.60/—	≤2.0	≤0.60/—
	0.5<窗墙面积比≤0.7	≤2.0	≤0.50/—	≤1.8	≤0.50/—
屋顶透明部分		≤2.7	≤0.50	≤2.7	≤0.50

注:有外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数;无外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数。

表 31-7 夏热冬冷地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位		传热系数 K/[W/(m²·K)]	
屋面		≤0.70	
外墙(包括非透明幕墙)		≤1.0	
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤1.0	
外窗(包括透明幕墙)		传热系数 K /[W/(m²·K)]	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)
单一朝向外窗(包括透明幕墙)	窗墙面积比≤0.2	≤4.7	—
	0.2<窗墙面积比≤0.3	≤3.5	≤0.55/—
	0.3<窗墙面积比≤0.4	≤3.0	≤0.50/0.60
	0.4<窗墙面积比≤0.5	≤2.8	≤0.45/0.55
	0.5<窗墙面积比≤0.7	≤2.5	≤0.40/0.50
屋顶透明部分		≤3.0	≤0.40

注:有外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数;无外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数。

表 31-8 夏热冬暖地区围护结构传热系数和遮阳系数限值

围护结构部位		传热系数 K/[W/(m²·K)]	
屋面		≤0.90	
外墙(包括非透明幕墙)		≤1.5	
底面接触室外空气的架空或外挑楼板		≤1.5	
外窗(包括透明幕墙)		传热系数 K /[W/(m²·K)]	遮阳系数 SC (东、南、西向/北向)
单一朝向外窗(包括透明幕墙)	窗墙面积比≤0.2	≤6.5	—
	0.2<窗墙面积比≤0.3	≤4.7	≤0.50/0.60
	0.3<窗墙面积比≤0.4	≤3.5	≤0.45/0.55
	0.4<窗墙面积比≤0.5	≤3.0	≤0.40/0.50
	0.5<窗墙面积比≤0.7	≤3.0	≤0.35/0.45
屋顶透明部分		≤3.5	≤0.35

注:有外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数×外遮阳的遮阳系数;无外遮阳时,遮阳系数=玻璃的遮阳系数。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-9 不同气候区地面和地下室外墙热阻限值

气候分区	围护结构部位	热阻 R/[(m²·K)/W]
严寒地区A区	地面:周边地面	≥2.0
	非周边地面	≥1.8
	采暖地下室外墙(与土壤接触的墙)	≥2.0
严寒地区B区	地面:周边地面	≥2.0
	非周边地面	≥1.8
	采暖地下室外墙(与土壤接触的墙)	≥1.8
寒冷地区	地面:周边地面	≥1.5
	非周边地面	
	采暖、空调地下室外墙(与土壤接触的墙)	≥1.5
夏热冬冷地区	地面	≥1.2
	地下室外墙(与土壤接触的墙)	≥1.2
夏热冬暖地区	地面	≥1.0
	地下室外墙(与土壤接触的墙)	≥1.0

注:周边地面系指距外墙内表面2m以内的地面;
地面热阻系指建筑基础持力层以上各层材料的热阻之和;
地下室外墙热阻系指土壤以内各层材料的热阻之和。

1.1.3 基本耗热量计算

房间的基本耗热量是指围护结构的传热损失，包括屋顶、地板、墙、窗和门传热损失的总和。

① 基本耗热量计算［见式(31-3)］

$$Q=aFK(t_n-t_{wn}) \tag{31-3}$$

式中 Q——围护结构的基本耗热量，W；

F——围护结构的面积，m^2；

K——围护结构的传热系数，$W/(m^2\cdot℃)$；

a——围护结构温差修正系数，按表31-16和表31-17采用；

t_n——室内计算温度，℃；

t_{wn}——采暖室外计算温度，℃。

围护结构的传热系数 K 按下式计算。

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_n}+\sum\frac{\delta_1}{\lambda_1}+R'+\frac{1}{\alpha_w}}=\frac{1}{R_n+\sum R_1+R'+R_w}=\frac{1}{R}$$

$$R_n=\frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_w=\frac{1}{\alpha_w}$$

式中 α_n——围护结构内表面换热系数，W/(m²·℃)；

α_w——围护结构外表面换热系数，W/(m²·℃)；

δ_1——围护结构中每种材料层的厚度，m；

λ_1——围护结构中每种材料层的热导率，W/(m·℃)；

R'——空气间层的热阻，(m²·℃)/W；

R_1——围护结构中每种材料层热阻，(m²·℃)/W；

R_n，R_w——围护结构内表面及外表面的热阻，(m²·℃)/W。

常用围护结构门、窗的传热系数见表31-10，建筑材料的热导率见表31-11，空气间层的热阻见表31-12，围护结构内、外表面的换热系数 α_n、α_w 见表31-13和表31-14。

表 31-10 门、窗的传热系数

序号	结构	传热系数 K /[W/(m²·℃)]	序号	结构	传热系数 K /[W/(m²·℃)]
1	外窗及天窗		4	内部的窗及天窗 一层	3.5
	木框 一层	5.8		二层	2.3
	二层	2.7	5	实体的木制外门 一层	4.6
	三层	1.7		二层	2.3
2	金属框 一层	6.4	6	带玻璃的阳台外门 一层	5.8
	二层	3.3		二层	2.7
	三层	2.3	7	单层内门	2.9
3	一个框二层玻璃的窗及天窗	3.5			

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-11 常用围护结构建筑材料的热导率

序号	材料名称	密度 γ /(kg/m³)	热导率 λ /[W/(m·℃)]
1	沥青材料		
	沥青矿渣棉板(1∶1)	384	0.09
	沥青矿渣棉毡	100～200	0.04～0.052
2	混凝土		
	钢筋混凝土	2500	1.62
	轻混凝土(矿渣混凝土等)	1500	0.70
	轻混凝土(矿渣混凝土等)	1200	0.52
	轻混凝土(矿渣混凝土等)	1000	0.41
	加气混凝土、泡沫混凝土	1000	0.40
	泡沫混凝土	800	0.29
	泡沫混凝土	600	0.21
	水磨石	1400	1.75
3	石膏制品及石膏材料		
	纯石膏制成的板和块	1100	0.41
	含有机填充物的石膏板	700	0.23
	石膏板、块	2000	0.41
	纸面石膏板	750～900	0.194
4	矿渣及其制品		
	矿渣砖	1400	0.58
	矿渣棉	350	0.07
	矿渣棉	110～130	0.04～0.052
5	珍珠岩		
	膨胀珍珠岩	<80	0.019～0.105
		81～120	0.029～0.034
		121～160	0.034～0.038
		161～300	0.047～0.062
	水泥珍珠岩	387	0.052+0.000036t^*
6	实心砖砌体及砖		
	重砂浆砌筑	1800	0.81
	重砂浆砌的硅酸盐砌体	1900	0.87
	重砂浆砌的多孔砖(105孔)	1300	0.52
	重砂浆砌的多孔砖(60孔)	1300	0.58
	重砂浆砌的多孔砖(31孔)	1360	0.64
	黏土空心砖	1500	0.64
		1200	0.52
		1000	0.47
7	砂浆和抹灰水泥砂浆或水泥砂浆抹灰	1800	0.93
	混合砂浆(砂、石灰、水泥)或混合砂浆抹灰石灰砂浆	1700	0.87
	石灰砂浆	1600	0.81
8	石灰抹灰在外表面	1600	0.87
	在内表面	1600	0.70
	在木板条外表面	1400	0.70
	在木板条内表面	1400	0.52
9	塑料制品		
	硬泡沫塑料板	42	0.047
	聚苯乙烯泡沫塑料	16～220	0.025～0.068
	塑料贴面板	1200	0.093～0.14
10	岩棉		
	建筑岩棉板	80～200	0.035～0.04
	岩棉软板	100	
	岩棉板	100	
	岩棉保温带	100	
11	玻璃及其制品		
	窗户玻璃	2500	0.76
	玻璃棉、玻璃丝	200	0.058
	玻璃棉、玻璃丝	100	0.052
	玻璃纤维毡	800～1200	0.035～0.047
	超细玻璃棉毡	10～96	0.051～0.035
12	木材及其制品		
	松与枞木垂直木纹	550	0.17
	松与枞木顺木纹	550	0.35
	干木板	250	0.058
	密实刨花	300	0.12
	胶合板	600	0.17
13	纤维板		
	人造板	565	0.095
	人造板	683	0.102
	人造板	771	0.126
	甘蔗板	230	0.07
	木丝板(刨花板)	730	0.083
	木纤维板	600	0.16
	硬性木纤维质板	700	0.23

注：表中 t^*—制品的平均温度，℃。

表 31-12 空气间层的热阻 /(m²·℃/W)

空气层形式		空气层厚度/mm					
		10	20	30	50	100	150～300
竖向的		0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17
水平的	热流自下而上	0.13	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16
	热流自上而下	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.22

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-13　换热系数 α_n 和换热阻值 R_n

围护结构内表面特征	α_n/[W/(m²·℃)]	R_n/(m²·℃/W)
墙、地面、表面平整或有肋状突出物的顶棚，当$\frac{h}{s}\leqslant 0.3$时	8.7	0.115
有肋状突出物的顶棚，当$\frac{h}{s}>0.3$时	7.6	0.132

注：表中 h—肋高，m；s—肋间净距，m。

表 31-14　换热系数 α_w 和换热阻值 R_w

围护结构外表面特征	α_w/[W/(m²·℃)]	R_w/(m²·℃/W)
外墙和屋顶	23	0.04
与室外空气相通的非采暖地下室上面的楼板	17	0.06
闷顶和外墙上有窗的非采暖地下室上面的楼板	12	0.08
外墙上无窗的非采暖地下室上面的楼板	6	0.17

② 冬季室内计算温度

a. 民用建筑的主要房间，宜采用 18～21℃。

b. 工业建筑的工作地点，宜采用：

轻作业 18～21℃；

中作业 16～18℃；

重作业 14～16℃；

过重作业 12～14℃。

注：1. 作业种类的划分，应按国家现行的《工业企业设计卫生标准》执行。

2. 当每名工人占用较大面积（50～100m²）时，轻作业可低至 10℃；中作业可低至 7℃；重作业可低至 5℃。

c. 辅助建筑物及辅助用室不应低于下列数值：

浴室	25℃
更衣室	25℃
办公室、休息室	18℃
食堂	18℃
盥洗室、厕所	12℃

注：当工艺或使用条件有特殊要求时，各类建筑物的室内温度，可按照国家现行有关专业标准、规范执行。

d. 层高大于 4m 的工业建筑尚应符合下列规定：

地面应采用工作地点的温度；

墙、窗和门应采用室内平均温度；

屋顶和天窗应采用屋顶下的温度。

屋顶下的温度可按式（31-4）计算。

$$t_d=t_g+\Delta t_H(H-2) \tag{31-4}$$

式中　t_d——屋顶下的温度，℃；

t_g——工作地点温度，℃

Δt_H——温度梯度，℃/m；

H——房间高度，m。

室内平均温度应按式（31-5）计算。

$$t_{nP}=\frac{t_d+t_g}{2} \tag{31-5}$$

③ 地板耗热量计算

a. 直接铺在土壤上的非保温地板，其热阻 R_{db} 及传热系数 K_{db} 按表 31-15 选用。

表 31-15　非保温地板的热阻及传热系数

地　带	R_{db}/(m²·℃/W)	K_{db}/[W/(m²·℃)]
第一地带	2.2	0.46
第二地带	4.3	0.23
第三地带	8.6	0.12
地板其余部分	14.2	0.07

与外墙平行每宽 2m 的地段为一地带。地带的编号自外墙算起，第一地带拐角处应重复计算。

组成地板各层材料的热导率 $\lambda\geqslant 1.2$W/(m·℃)时，不论其厚度如何均为非保温地板。

b. 直接铺设在地面上的保温地板各地带的热阻 R_{bw} 按式（31-6）计算。

$$R_{bw}=R_{db}+\frac{\delta}{\lambda} \tag{31-6}$$

式中　R_{db}——非保温地板各地带的热阻，(m²·℃)/W；

δ——保温层厚度，m；

λ——保温层热导率，W/(m·℃)。

热导率 $\lambda<1.2$W/(m·℃) 的材料层所组成的地板均为保温地板。

c. 铺设于地垅墙上的地板各地带的热阻 R 按式（31-7）计算。

$$R=0.85R_{bw} \tag{31-7}$$

式中　R_{bw}——保温地板各地带的热阻，(m²·℃)/W。

采暖地下室和地板标高低于室外地面标高的采暖房间内，位于室外地坪以下的外墙和地面，应按划分地带方法计算，第一地带从室外地坪以下的外墙开始起算，地面可看作外墙的延伸。

④ 与相邻房间的温差大于或等于 5℃时，应计算通过隔墙或楼板等的传热量。与相邻房间的温差小于 5℃，且通过隔墙和楼板等的传热量大于该房间热负荷的 10%时，尚应计算其传热量。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 室内外温差修正系数见表31-16、表31-17。

表31-16 温差修正系数 a

围护结构特征	a
外墙、屋顶、地面以及与室外相通的楼板等	1.00
闷顶和与室外空气相通的非采暖地下室上面的楼板等	0.90
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙(1～6层建筑)	0.60
与有外门窗的不采暖楼梯间相邻的隔墙(7～30层建筑)	0.50
非采暖地下室上面的楼板,外墙上有窗时	0.75
非采暖地下室上面的楼板,外墙上无窗且位于室外地坪以上时	0.60
非采暖地下室上面的楼板,外墙上无窗且位于室外地坪以下时	0.40
与有外门窗的非采暖房间相邻的隔墙	0.70
与无外门窗的非采暖房间相邻的隔墙	0.40
伸缩缝墙、沉降缝墙	0.30
防震缝墙	0.70

表31-17 有吊顶的屋面室内外计算温差修正系数 n

n	K_2/K_1	n	K_2/K_1
0.25	≥0.3	0.75	2.1～2.7
0.40	0.4～0.6	0.80	2.8～3.5
0.50	0.7～0.9	0.85	3.6～4.6
0.60	1.0～1.3	0.90	4.7～7.7
0.70	1.4～2.0	0.95	7.8～15.0

注：1. 表中数值系按屋面坡度为1∶2（屋面与吊顶夹角约为26.5°）和不通风闷顶计算而得，其中：K_1—吊顶的传热系数，K_2—屋面的传热系数。

2. 当斜屋面倾斜角与上述数字相差较大或不采用温差修正的计算方法时，可按屋面和吊顶的综合传热系数 K_2 计算。此时，耗热量 $Q=F_1K_2(t_n-t_w)$。

3. 屋面与吊顶的综合传热系数 K_2 的计算：

人字屋顶（见图31-1）

$$K_2=\frac{1}{\frac{1}{K_1}+\frac{F_1}{K_2F_2}}$$

平屋顶（见图31-2）

$$K_2=\frac{K_1K_2+K_1K_3\frac{F_3}{F_2}}{K_2+\frac{K_1F_1}{F_2}+\frac{K_3F_3}{F_2}}$$

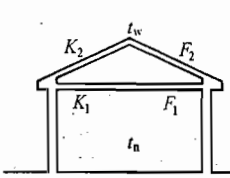


图31-1 人字屋顶

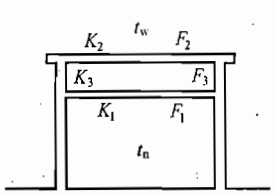


图31-2 平屋顶

1.1.4 附加耗热量计算

附加耗热量包括冷风渗透附加、外门开启附加、风力附加、朝向修正和高度附加耗热量等。

(1) 冷风渗透附加

① 多层和高层民用建筑，加热由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量，可按下式计算。

$$Q=0.28c_p\rho_{wn}L(t_n-t_{wn}) \quad (31\text{-}8)$$

式中 Q——由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量，W；

c_p——空气的比定压热容，kJ/(kg·℃)；

ρ_{wn}——采暖室外计算温度下的空气密度，kg/m³；

L——渗透冷空气量，m³/h，可按缝隙法计算，见表31-18、表31-19；

t_n——采暖室内计算温度，℃；

t_{wn}——采暖室外计算温度，℃。

② 多层建筑的渗透冷空气量，当无相关数据时，可按以下式计算。

$$L=kV$$

式中 V——房间体积，m³；

k——换气次数，次/h。当无实测数据时，可参见表31-20。

③ 工业建筑，加热由门窗缝隙渗入室内的冷空气的耗热量，可按表31-21估算。

表31-18 每米门窗缝隙渗入的空气量

/[m³/(m·h)]

门窗类型	冬季室外平均风速/(m/s)					
	1	2	3	4	5	6
单层木窗	1.0	2.0	3.1	4.3	5.5	6.7
双层木窗	0.7	1.4	2.2	3.0	3.9	4.7
单层钢窗	0.6	1.5	2.6	3.9	5.2	6.7
双层钢窗	0.4	1.1	1.8	2.7	3.6	4.7
推拉铝窗	0.2	0.5	1.0	1.6	2.3	2.9
平开铝窗	0.0	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8

注：1. 每米外门缝隙渗入的空气量，为表中同类型外窗的二倍。

2. 当有密封条时，表中数据可乘以0.5～0.6的系数。

(2) 外门附加率

当建筑物的楼层数为 n 时：

一道门	$65n\%$
两道门（有门斗）	$80n\%$
三道门（有两个门斗）	$60n\%$
公共建筑和工业建筑的主要出入口	500%

注：1. 外门附加率只适用于短时间开启的、无热空气幕的外门。

2. 阳台门不应计入外门附加。

(3) 风力附加率

建筑在不避风的高地、河边、海岸、旷野上的建筑物，以及城镇、厂区内特别高出的建筑物，垂直的外围护结构附加5%～10%。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-19　各地区的冷风渗入量修正值 n

地　区	朝　向							
	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
齐齐哈尔	0.90	0.40	0.10	0.15	0.35	0.40	0.70	1.00
哈尔滨	0.25	0.15	0.15	0.45	0.60	1.00	0.80	0.55
沈阳	1.00	0.90	0.45	0.60	0.75	0.65	0.50	0.80
呼和浩特	0.90	0.45	0.35	0.10	0.20	0.30	0.70	1.00
兰州	0.75	1.00	0.95	0.50	0.25	0.25	0.35	0.45
银川	1.00	0.80	0.45	0.35	0.30	0.25	0.30	0.65
西安	0.85	1.00	0.70	0.35	0.65	0.75	0.50	0.30
北京	1.00	0.45	0.20	0.10	0.20	0.15	0.25	0.85

注：n 值等于当地近十年内最冷三年采暖期的各朝向与朝向中最大的［风速×频率×室温与气温差×空气密度和比热容］的平均比值。

表 31-20　换气次数　/(次/h)

换气次数	房间类型			
	一面有外窗房间	二面有外窗房间	三面有外窗房间	门厅
k	0.5	0.5～1.0	1.0～1.5	2

表 31-21　渗透耗热量占围护结构总耗热量的百分率　/%

建筑物高度/m	玻璃窗层数		
	单层	单、双层均有	双层
＜4.5	25	20	15
4.5～10.0	35	30	25
＞10.0	40	35	30

(4) 朝向修正率

北、东北、西北　0～10%

东、西　−5%

东南、西南　−10%～−15%

南　−15%～−30%

注：1. 应根据当地冬季日照率、辐射照度、建筑物使用和被遮挡等情况选用修正率。

2. 冬季日照率小于 35% 的地区，东南、西南和南向的修正率宜采用−10%～0，东、西向可不修正。

(5) 高度附加率

房间高度大于 4m 时，每高出 1m 应附加 2%，但总的附加值一般不大于 15%。

高度附加率适用于辅助厂房和按工作地点温度计算围护结构耗热量的生产厂房，它附加于围护结构的基本耗热量和其他附加耗热量上。

1.1.5　由外部送入厂房的冷料和运输工具的吸热量计算

$$Q=0.28\sum G_c c B(t_n-t_c)\ \text{W} \qquad (31\text{-}9)$$

式中　G_c——从外面运入冷料和运输工具的质量，kg/h；

c——材料的比热容，kJ/(kg·℃)；

t_n——室内计算温度，℃；

t_c——材料温度（按工艺过程确定），℃；

B——材料的吸热强度系数见表 31-22。

表 31-22　吸热强度系数 B 值

材料在室内存放时间	非散料材料和运输工具	散料材料
第一小时	0.50	0.40
第二小时	0.30	0.25
第三小时	0.20	0.15
第四小时	—	0.10
第五小时	—	0.05

1.1.6　通风耗热量计算

$$Q=0.28q\gamma(t_n-t_t)\ \text{W} \qquad (31\text{-}10)$$

式中　q——通风量，m^3/h；

γ——空气密度，kg/m^3；

t_n——室内计算温度，℃；

t_t——通入室内空气温度，℃。

1.1.7　建筑物耗热量估算法

概略计算建筑物耗热量时，可按式（31-11）计算单位热指标 q。

$$q=(1+E)\left[\frac{2h(a+b)K_{cj}}{ab}+K_w+K_d\right]\ \text{W/(m}^2\cdot\text{℃)} \qquad (31\text{-}11)$$

式中　h——建筑物高度，m；

a，b——建筑物长度和宽度，m；

K_w——建筑物屋面的传热系数，W/(m²·℃)；

K_d——地板的传热系数，W/(m²·℃)；

K_{cj}——外墙和外窗的综合传热系数，见表 31-23，W/(m²·℃)；

E——综合附加值，见表 31-24。

表 31-23　砖墙采光面积为 30% 时各种窗类型的 K_{cj} 值

窗类型(墙厚)	K_{cj}
单层木窗(490 墙)	2.64
单层钢窗(490 墙)	2.8
单层木窗(370 墙)	2.84
单层钢窗(370 墙)	3.0
单层木窗(240 墙)	3.2
单层钢窗(240 墙)	3.37

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-24 综合附加值 E /%

窗类型	办公楼多层厂房	无天窗厂房		有天窗厂房	
		$h\leqslant 10$	$h>10$	$h\leqslant 10$	$h>10$
单层窗	20	30	35	40	45
单、双层窗	15	25	30	35	40
双层窗	10	20	25	30	35

注：1. 当厂房由高度不同的两跨组成时，h 值取平均高度，计算准确性不受影响。

2. 厂房内有热源时应单独计算，最后通过热平衡决定采暖热量。

1.2 采暖系统的选择和计算

1.2.1 一般原则

① 设计集中采暖时，生产厂房工作地点的温度和辅助用室的室温应按现行的《工业企业设计卫生标准》执行；在非工作时间内，如生产厂房的室温必须保持在 0℃以上时，一般按 5℃考虑值班采暖；当生产对室温有特殊要求时，应按生产要求确定。

② 设置集中采暖的车间，如生产对室温没有要求，且每名工人占用的建筑面积超过 100m² 时，不宜设置全面采暖系统，但应在固定工作地点和休息地点设局部采暖装置。

③ 设置全面采暖的建筑物时，围护结构的热阻应根据技术经济比较结果确定，并应保证室内空气中水分在围护结构内表面不发生结露现象。

④ 采暖热媒的选择应根据厂区供热情况和生产要求等，经技术经济比较后确定，并应最大限度地利用废热。

如厂区只有采暖用热或以采暖用热为主时，一般采用高温热水为热媒；当厂区供热以工艺用蒸汽为主，在不违反卫生、技术和节能要求的条件下，也可采用蒸汽作热媒。

⑤ 累年日平均温度稳定低于或等于 5℃的日数大于或等于 90 天的地区，宜采用集中采暖。

1.2.2 散热器的选择和计算

(1) 散热器的散热面积

$$F=\frac{Q}{K(t_{pj}-t_n)}\beta_1\beta_2\beta_3 \tag{31-12}$$

式中 Q——散热器的散热量，W；

t_{pj}——散热器内热媒平均温度，℃；

t_n——室内供暖计算温度，℃；

K——散热器的传热系数，W/(m²·℃)；

β_1——散热器组装片数修正系数，见表 31-25；

β_2——散热器连接型式修正系数，见表 31-26；

β_3——散热器安装型式修正系数，见表 31-27。

表 31-25 散热器组装片数修正系数 β_1

每组片数	β_1
<6	0.95
6～10	1.00
11～20	1.05
>20	1.10

注：本表仅适用于各种柱式散热器、方翼型和圆翼型散热器不修正时，其他类型散热器需要修正时，见产品说明。

表 31-26 散热器连接型式修正系数 β_2

连接型式	同侧上进下出	异侧上进下出	异侧下进下出	异侧下进上出	同侧下进上出
四柱 813 型	1.0	1.004	1.239	1.422	1.426
M-132 型	1.0	1.009	1.251	1.386	1.396
方翼型(大 60)	1.0	1.009	1.225	1.331	1.369

注：1. 本表数据是在标准工况测得的。

2. 其他散热器可近似套用。

表 31-27 散热器安装型式修正系数 β_3

安装型式	β_3
装在墙的凹槽内(半暗装)散热器上部距墙距离为 100mm	1.06
明装但在散热器上部有窗台板覆盖，散热器距窗台板高度为 150mm	1.02
装在罩内，上部敞开，下部距地 150mm	0.95
装在罩内，上部、下部开口，开口高度均为 150mm	1.04

散热器内热媒平均温度 t_{pj} 的计算如下。

对于热水供暖系统：

$$t_{pj}=\frac{t_1+t_2}{2} \tag{31-13}$$

式中 t_1——散热器进水温度，℃；

t_2——散热器出水温度，℃。

当供暖系统为单管时

$$t_1=t_3-\frac{Q_1(t_3-t_4)}{Q_2} \tag{31-14}$$

式中 t_3——立管进水温度，℃；

t_4——立管出水温度，℃；

Q_1——进入该层散热器前面各层散热器的散热量总和，W；

Q_2——该立管所有散热器的散热量，W。

从散热器排出的水温 t_2 按式(31-15)计算。

$$t_2=t_1-\frac{Q}{Wc} \tag{31-15}$$

式中 Q——该组散热器的散热量，kW；

W——通过该组散热器的水量，kg/s；

c——水的比热容，kJ/(kg·℃)。

对于蒸汽供暖系统，t_{pj} 等于进散热器的蒸汽压力相应的饱和蒸汽温度。

(2) 散热器构造和性能

各种铸铁散热器构造和综合性能分别见图 31-3 和表 31-28，各种钢制散热器构造和综合性能分别见图 31-4 和表 31-29。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

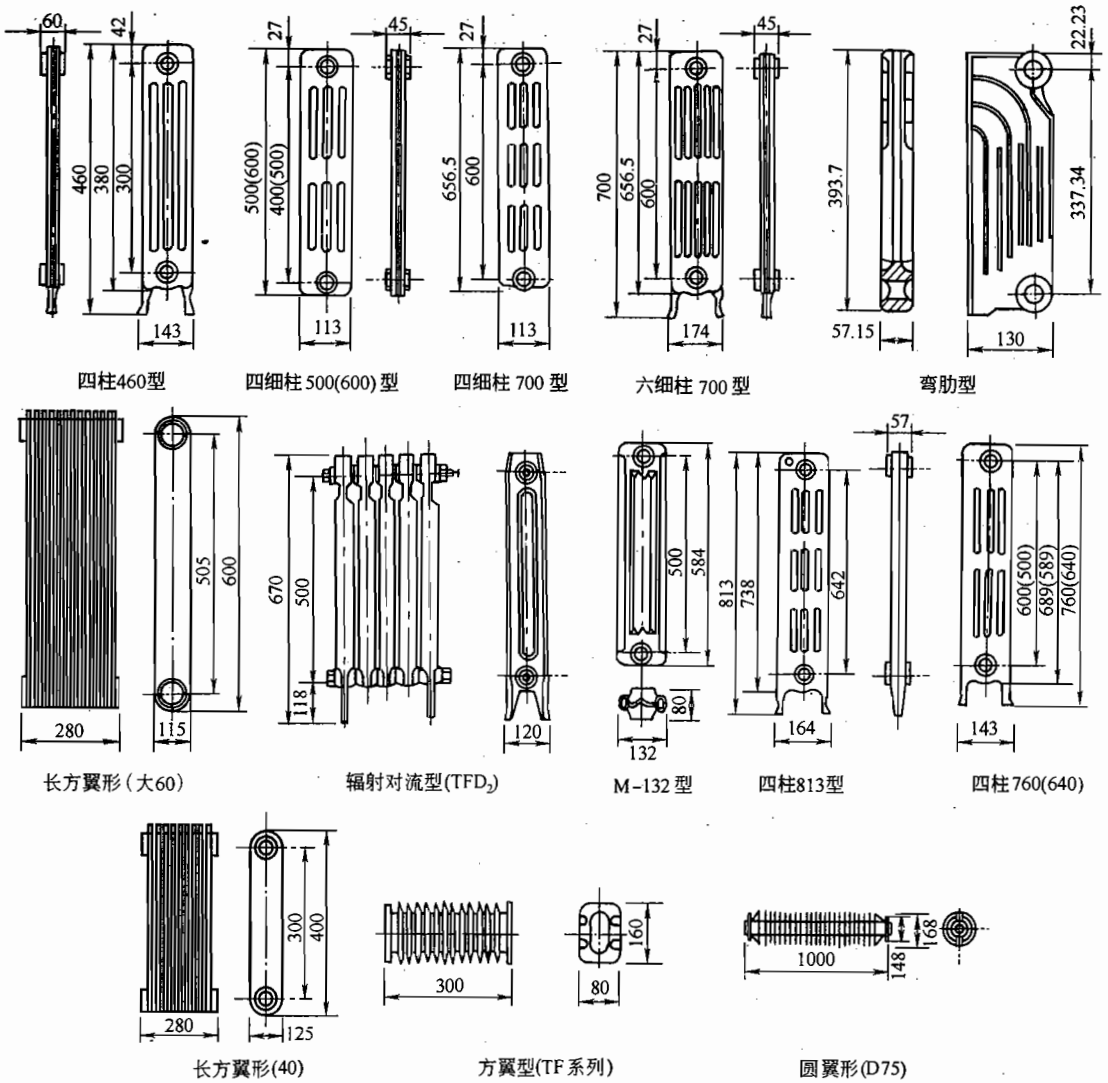


图 31-3　各种铸铁散热器构造尺寸

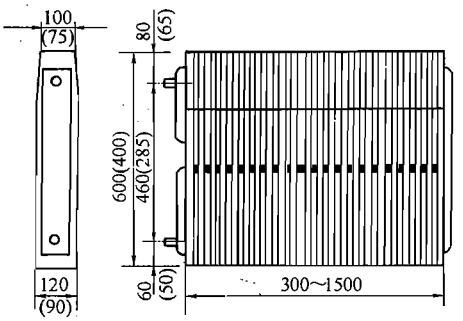
表 31-28　各种铸铁散热器综合性能

序号	类　型	每片散热面积/m²	每片水容量/L	每片质量/kg	工作压力/MPa	散热量	
						W/片	计　算　式
1	长翼型(大 60)	1.16	8	26	0.4 0.6	480	$Q=5.307\Delta T^{1.345}$(3 片)
2	长翼型(40 型)	0.88	5.7	16	0.4	376	$Q=5.333\Delta T^{1.285}$(3 片)
3	方翼型(TF 系列)	0.56	0.78	7	0.6	196	$Q=3.233\Delta T^{1.249}$(3 片)
4	圆翼型(D75)	1.592	4.42	30	0.5	582	$Q=6.161\Delta T^{1.258}$(2 片)
5	M-132 型	0.24	1.32	7	0.5 0.8	139	$Q=6.538\Delta T^{1.286}$(10 片)
6	四柱 813 型	0.28	1.4	8	0.5 0.8	159	$Q=6.887\Delta T^{1.306}$(10 片)
7	四柱 760 型	0.237	1.16	6.6	0.5 0.8	139	$Q=6.495\Delta T^{1.287}$(10 片)

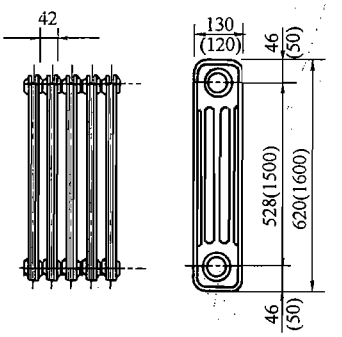
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

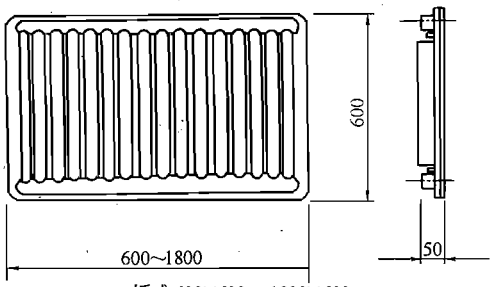
序号	类 型	每片散热面积/m²	每片水容量/L	每片质量/kg	工作压力/MPa	散热量	
						W/片	计 算 式
8	四柱640型	0.205	1.03	5.7	0.5 0.8	123	$Q=5.006\Delta T^{1.321}$(10片)
9	四柱460型	0.128	0.72	3.5	0.5 0.8	81	$Q=4.562\Delta T^{1.244}$(10片)
10	四细柱500型	0.126	0.4	3.08	0.5 0.8	79	$Q=3.922\Delta T^{1.272}$(10片)
11	四细柱600型	0.155	0.48	3.62	0.5 0.8	92	$Q=4.744\Delta T^{1.265}$(10片)
12	四细柱700型	0.183	0.57	4.37	0.5 0.8	109	$Q=5.304\Delta T^{1.279}$(10片)
13	六细柱700型	0.273	0.8	6.53	0.5 0.8	153	$Q=6.750\Delta T^{1.302}$(10片)
14	弯肋型	0.24	0.64	6.0	0.5 0.8	91	$Q=6.254\Delta T^{1.196}$(10片)
15	辐射对流型(TFD_2)	0.34	0.75	6.5	0.5 0.8	162	$Q=7.902\Delta T^{1.277}$(10片)



折边对流散热器 LDS-$\frac{600}{400}$型



柱型NGZ3-620(TGZ-1.2/15-8)



板式600×600～1800×600

图 31-4 各种钢制散热器构造尺寸

表 31-29 各种钢制散热器综合性能

序号	类 型	每片散热面积/m²	每片水容量/L	每片质量/kg	工作压力/MPa	散热量	
						W/片	计 算 式
	折边钢串片						
1	400×90×1000	7.44	2.5	30.5	1.0	1427	$Q=13.987\Delta T^{1.11}$(1片)
2	600×120×1000	10.6	5.5	48	1.0	2244	$Q=21.73\Delta T^{1.113}$(1片)
	钢柱						
3	NGZ 3×620	0.19	1.15	2.1	0.8	79	$Q=4.896\Delta T^{1.221}$(10片)
4	TGZ 3-1.2/15-8	0.494	3.4	5.24	0.8	230	$Q=11.538\Delta T^{1.271}$(10片)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	类　型	每片散热面积/m²	每片水容量/L	每片质量/kg	工作压力/MPa	散热量	
						W/片	计　算　式
	扁管（单板对流片）						
5	416×1000	3.62	3.76	17.5	0.8	786	$Q=4.380\Delta T^{1.2455}$(1片)
6	520×1000	4.56	4.71	23.0	0.8	990	$Q=5.518\Delta T^{1.2455}$(1片)
7	624×1000	5.54	5.49	27.4	0.8	1200	$Q=6.703\Delta T^{1.2455}$(1片)
	板式（单板对流片）						
8	600×600	1.58	2.8	9.6	0.8	690	$Q=3.95\Delta T^{1.239}$(1片)
9	600×1000	2.75	4.6	15.4	0.8	1200	$Q=6.875\Delta T^{1.239}$(1片)
10	600×1400	3.93	6.4	21.2	0.8	1715	$Q=9.825\Delta T^{1.239}$(1片)
11	600×1800	5.11	8.4	27.3	0.8	2230	$Q=12.775\Delta T^{1.239}$(1片)

注：各种钢制散热器品种规格繁多，不能一一列出，选用时以厂家样本为准。

(3) 选用散热器注意要点

① 选用钢制柱式、扁管、板式散热器时，要求水的含氧量不大于 0.1mg/L；选用钢串片时要考虑叶片松动和积灰时影响散热的因素。

② 表中给出的散热器工作压力皆指 95～70℃热水而言，对高温水要降低 0.1MPa 使用；对蒸汽热媒不应大于 0.2MPa。

③ 铸铁散热器的组装片数，不宜超过下列数值：

粗柱型（包括柱翼型）	20 片
细柱型	25 片
长翼型	7 片

④ 蒸汽采暖系统不应采用钢制柱型、板型和扁管等散热器。

⑤ 放散大量粉尘或防尘要求较高的车间，应采用易于清除粉尘的散热器。

⑥ 幼儿园的散热器必须暗装或加防护罩。

1.2.3　采暖系统的基本形式

采暖系统可分为热水采暖、蒸汽采暖和热风采暖三类。

热水采暖系统包括低温热水采暖系统（水温＜100℃），高温热水采暖系统（水温＞100℃）；

蒸汽采暖系统包括低压蒸汽采暖系统（汽压≤70kPa），高压蒸汽采暖系统（汽压＞70kPa）；

热风采暖系统包括集中送风系统（集中设置风机和加热器，通过风道向各房间送暖风），暖风机系统（分散设置暖风机采暖）。

热水采暖系统又可按循环动力的不同，分为重力循环系统和机械循环系统；按供回水方式不同分为单管和双管两种系统。

在采暖系统中，根据供回水（汽）干管的不同位置还可分为上供下回、下供下回和中供式等不同形式的系统，图 31-5～图 31-8 所示为几种常用采暖系统的基本形式。

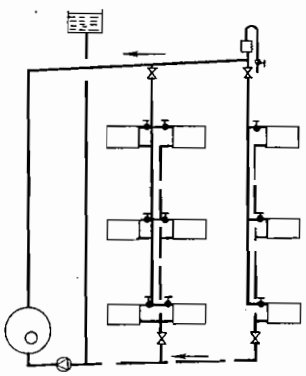


图 31-5　机械循环双管上供下回式热水系统

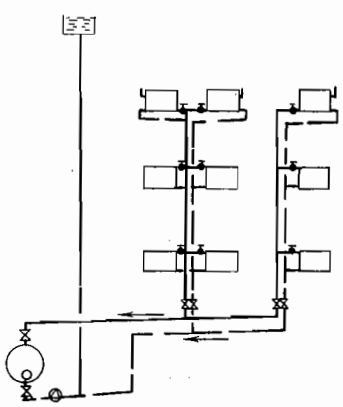


图 31-6　机械循环双管下供下回式热水系统

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

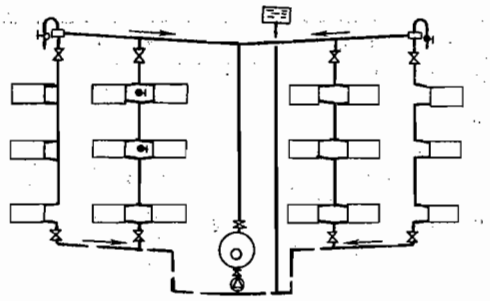


图 31-7 机械循环单管上供下回热水系统

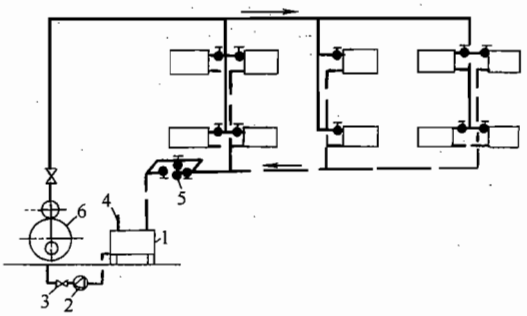


图 31-8 低压蒸汽采暖系统

1—凝水箱；2—凝水泵；3—止回阀；4—空气管；5—疏水器；6—锅炉

1.2.4 采暖管道设计原则和管径计算

(1) 采暖管道设计原则

① 热水采暖系统的总压力损失应根据入口处供回水的压差决定。供回水的压差过大时，应装设调压板。供回水总管上应设置温度计、压力表及除污器。

② 热水采暖系统各并联环路之间的计算压力损失差值不应大于15%。

③ 布置蒸汽采暖系统的各环路时，应尽量使其作用半径短、流量分配均匀。选择管径时，应尽量减少各并联环路之间的压力损失差值。必要时，应在各回水汇合点之前装设调压阀门。

④ 供汽（水）干管的末端和回水干管的始端管径不宜小于20mm；低压蒸汽的供汽干管管径可适当放大。

⑤ 采暖系统的计算压力损失宜增加10%的附加值。

⑥ 热水和蒸汽采暖系统应根据不同情况，装设必要的排气、泄水排污和疏水装置。

⑦ 采暖管道必须计算其热膨胀。当利用管段的自然补偿不能满足要求时，应设置补偿器。

⑧ 在工业建筑内的采暖管道通常采用明敷。安装在腐蚀性车间内的采暖管道和设备应采取防腐措施。

⑨ 采暖管道的敷设应有一定的坡度。对于热水管、汽水同向流动的蒸汽管和凝结水管，坡度宜采用0.003，不得小于0.002；立管与散热器连接的支管，坡度不得小于0.01；对于汽水逆向流动的蒸汽管，坡度不得小于0.005。

如因条件限制，热水管道（包括水平单管串联系统的散热器连接管）可无坡度敷设，但管中的水流速度不得小于0.25m/s。

⑩ 符合下列情况之一时，采暖管道应保温：

a. 管道内输送的热媒必须保持一定参数时；

b. 管道敷设在地沟、技术夹层、闷顶及管道井内或易被冻结的地方时；

c. 管道通过的房间或地点要求保温时；

d. 管道的无效热损失较大时。

注：不通行地沟内仅供冬季采暖使用的凝结水管，如余热不加以利用，且无冻结危险时，可不保温。

⑪ 采暖管道中的热媒流速应根据蒸汽或热水的资用压力、系统形式等确定。但不得超过表31-30所列的最大允许流速。

⑫ 热水采暖系统装有调压板、混水器、蒸汽喷射器或水系列暖风机时，宜在系统入口的供水管上装设除污装置。

⑬ 供汽压力高于室内采暖系统的工作压力时，应在采暖系统入口的供汽管上装设减压装置和安全阀。

⑭ 室内热水采暖系统要求的热媒温度低于热网中的热媒温度，且热网的水力工况稳定和入口处的供回水压力差足以保证混水器工作时，可在采暖系统的入口处装设混水器。

⑮ 对于高压蒸汽采暖系统，疏水器前的凝结水管不应向上抬升；疏水器后的凝结水管向上抬升的高度应经计算确定。当疏水器本身无止回功能时，应在疏水器后的凝结水管上设置止回阀。

⑯ 有冻结危险的楼梯间或其他有冻结危险的场所，应由单独的立、支管供暖。散热器前不得设置调节阀。

(2) 采暖管道计算

① 低压蒸汽采暖系统 低压蒸汽采暖系统的工作压力应符合以下条件。

$$p \geqslant \sum(Rl+Z)+2000 \quad \text{Pa}$$

式中 2000——在管道末端为克服散热器阻力而保留的剩余压力，Pa；

R——每米管道摩擦阻力，Pa/m；

l——管道长度，m；

Z——局部阻力损失，Pa。

管道摩擦阻力与局部阻力可根据表31-32进行估算。低压蒸汽管道的管径可按表31-31选用，管内流速应小于表31-30的规定值，且使蒸汽干管末端管径和凝结水干管始端管径不小于20mm。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-30　管道内热媒流动的最大允许流速　/（m/s）

管径/mm	热水			低压蒸汽				高压蒸汽	
	有特殊安静要求的室内管网	一般室内管网	生产厂房	蒸汽与凝水同向流动时		蒸汽与凝水逆向流动时		同向	逆向
				在水平管内	在立管内	在水平管内	在立管内		
15	0.5	0.8	1.0	14	20	4.5	5	25	11
20	0.65	1.0	1.3	18	22	5.0	6	40	16
25	0.8	1.2	1.5	22	25	6.0	7	50	20
32	1.0	1.4	1.8	25	30	7.0	9	55	22
40	1.0	1.8	2.0	30	30	7.0	10	60	24
50	1.0	2.0	2.5	30	30	7.5	11	70	28
>50	1.0	2.0	3.0	30	30	7.5	14	80	32

表 31-31　低压蒸汽供暖系统管道水力计算（K=0.2mm，p=5000～20000Pa）

比摩阻 R /(Pa/m)	水煤气管公称直径						
	15	20	25	32	40	50	70
5	790 / 2.92	1510 / 2.92	2380 / 2.92	5260 / 3.67	8010 / 4.23	15760 / 5.1	30050 / 5.75
10	918 / 3.43	2066 / 3.89	3541 / 4.34	7727 / 5.4	11457 / 6.05	23015 / 7.43	43200 / 8.35
15	1090 / 4.07	2490 / 4.68	4395 / 5.45	10000 / 6.65	14260 / 7.64	28500 / 9.31	53400 / 10.35
20	1239 / 4.55	2920 / 5.65	5240 / 6.41	11120 / 7.8	16720 / 8.83	33050 / 10.85	61900 / 12.1
30	1500 / 5.55	3615 / 7.61	6340 / 7.77	13700 / 9.6	20750 / 10.95	40800 / 13.2	76600 / 14.95
40	1759 / 6.51	4220 / 8.2	7330 / 8.98	16180 / 11.30	24190 / 12.7	47800 / 15.3	89400 / 17.35
60	2219 / 8.17	5130 / 9.94	9310 / 11.4	20500 / 14	29550 / 15.6	58900 / 19.03	110700 / 21.4
80	2510 / 9.55	5970 / 11.6	10630 / 13.15	23100 / 16.3	34400 / 18.4	67900 / 22.1	127600 / 24.8
100	2900 / 10.7	6820 / 13.2	11900 / 14.6	25655 / 17.9	38400 / 20.35	76000 / 24.6	142900 / 27.6
150	3502 / 13	8323 / 16.1	14678 / 18	31707 / 22.15	47358 / 25	93495 / 30.2	168200 / 33.4
200	4052 / 15	9703 / 18.8	16975 / 20.9	36545 / 25.5	55568 / 29.4	108210 / 35	202800 / 38.9
300	5049 / 18.7	11939 / 23.2	20778 / 25.6	45140 / 31.6	68360 / 35.6	132870 / 42.8	250000 / 48.2

注：表中每一行的左上为通过热量 Q（W），右下为蒸汽流速 v（m/s）。

表 31-32　采暖系统摩擦阻力及局部阻力概略分配比率

暖气系统的种类	阻力损失所占的百分比/%	
	摩擦阻力	局部阻力
低压蒸汽采暖系统	60	40
高压蒸汽采暖系统	80	20
室内高压凝结水管网	80	20
室外低压蒸汽管网	50～70	50～30
室外高压蒸汽管网	90	10

对于单管式系统，与散热器相连接的立管同时有蒸汽和凝水通过时，相应管道截面应增加，可按表 31-33 对热负荷进行附加。

低压蒸汽采暖系统回水方式可分为干式（凝水管与大气相通，非满流）与湿式（凝水管满流）两种，其管径可按表 31-34 确定。

② 高压蒸汽采暖系统　为了保持车间内各散热设备间的水力平衡，增加资用背压以便采用余压回水。蒸汽管道的总压力损失不宜超过起始压力的1/4。高压蒸汽管径可参照表 31-35 选用，管内流速不宜超过表 31-30 的最大允许流速。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-33 低压蒸汽单管系统热负荷附加系数 K 值

立管热负荷增加的层数	建筑层数					
	7	6	5	4	3	2
6	1.05	—	—	—	—	—
5	1.10	1.05	—	—	—	—
4	1.18	1.10	1.05	—	—	—
3	1.25	1.18	1.10	1.05	—	—
2	1.30	1.25	1.18	1.10	1.05	—
1	1.35	1.30	1.25	1.18	1.10	1.05

表 31-34 低压蒸汽供暖系统干式和湿式自流凝水管管径计算

凝水管径/mm	形成凝水时，由蒸汽放出的热/kW				
	干式凝水管		湿式凝水管(垂直或水平的)		
			计算管段的长度/m		
	水平管段	垂直管段	50以下	50～100	100以上
15	4.7	7	33	21	9.3
20	17.5	26	82	53	29
25	33	49	145	93	47
32	79	116	310	200	100
40	120	180	440	290	135
50	250	370	760	550	250
76×3	580	875	1750	1220	580
89×3.5	870	1300	2620	1750	875
102×4	1280	2000	3605	2320	1280
114×4	1630	2440	4540	3000	1600

表 31-35 室内高压蒸汽供暖系统管径计算（p=200kPa，K=0.2mm）

公称直径		10		15		20		25		32		40	
内径/mm		12.50		15.75		21.25		27		35.75		41	
外径/mm		17		21.25		26.75		33.50		42.25		48	
Q	G	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v
2000	3	404	6	134	3.8								
2500	4	668	8	223	5.1								
3000	5	988	10	329	6.3	79	3.5						
3500	6	1359	12	453	7.6	109	4.2						
4000	7	1780	14	593	8.8	143	4.9	45	3				
4500	7	1780	14	593	8.8	143	4.9	45	3				
5000	8	2249	16	750	10.1	180	5.5	57	3.4				
5500	9	2764	18	922	11.4	222	6.2	71	3.9				
6000	10	3324	20	1108	12.6	267	6.9	85	4.3				
6500	11	3928	22.1	1310	13.9	315	7.6	101	4.7				
7000	11	3928	22.1	1310	13.9	315	7.6	101	4.7				
7500	12	4574	24.1	1525	15.2	367	8.3	117	5.2				
8000	13			1755	16.4	423	9	135	5.6	35	3.2		
8500	14			1998	17.7	481	9.7	154	6	40	3.4		
9000	15			2254	18.9	543	10.4	174	6.4	45	3.7		
9500	16			2524	20.2	608	11.1	195	6.9	51	3.9		
10000	16			2524	20.2	608	11.1	195	6.9	51	3.9		
11000	18			3103	22.7	748	12.5	240	7.7	63	4.4	33	3.4

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		10		15		20		25		32		40	
内径/mm		12.50		15.75		21.25		27		35.75		41	
外径/mm		17		21.25		26.75		33.50		42.25		48	
Q	G	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v
12000	20					899	13.9	288	8.6	76	4.9	40	3.7
13000	21					979	14.6	314	9	83	5.1	43	3.9
14000	23					1148	16	368	9.9	97	5.6	51	4.3
15000	25					1329	17.3	426	10.7	112	6.1	59	4.7
16000	26					1423	18	456	11.2	120	6.4	63	4.8
17000	28					1620	19.4	519	12	137	6.9	71	5.2
18000	29					1723	20.1	552	12.5	146	7.1	76	5.4
19000	31					1936	21.5	621	13.3	164	7.6	85	5.8
20000	33					2160	22.9	692	14.2	182	8.1	95	6.1
24000	39					2894	27.1	927	16.8	244	9.6	127	7.3
26000	43					3433	29.8	1100	18.5	290	10.5	151	8
28000	46					3864	31.9	1238	19.8	326	11.3	170	8.6
30000	49					4316	34	1383	21.1	364	12	190	9.1
32000	52					4789	36.1	1534	22.3	404	12.7	210	9.7
34000	56					5452	38.8	1747	24.1	460	13.7	240	10.4
36000	59							1914	25.4	504	14.5	263	11
38000	62							2088	26.6	550	15.2	287	11.6
40000	65							2268	27.9	597	15.9	311	12.1
42000	69							2518	29.7	663	16.9	346	12.9
44000	72							2713	30.9	714	17.6	372	13.4
46000	75							2914	32.2	767	18.4	400	14
48000	78							3121	33.5	822	19.1	428	14.5
50000	82							3407	35.2	897	20.1	468	15.3
55000	90							4010	38.7	1056	22.1	551	16.8
60000	98							4655	42.1	1226	24	639	18.3
65000	106							5341	45.6	1407	26	733	19.8
70000	114							6067	49	1598	27.9	833	21.2
75000	123									1825	30.1	952	22.9
80000	131									2038	32.1	1063	24.4
85000	139									2261	34.1	1179	25.9
90000	147									2494	36	1300	27.4
95000	155									2736	38	1427	28.9
100000	163									2989	40	1558	30.4
110000	180									3556	44.1	1854	33.5
120000	196									4128	48	2152	36.5
130000	213									4775	52.2	2490	39.7
140000	229											2826	42.7
150000	245											3181	45.7
160000	262											3578	48.8
170000	278											3969	51.8
180000	294											4378	54.8
190000	311											4831	58

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		50		70		89×4		108×4		133×4		159×4	
内径/mm		53		68		81		100		125		150	
外径/mm		60		75.50		89		108		133		159	
Q	G	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v
17000	28	21	3.1										
18000	29	22	3.2										
19000	31	25	3.5										
20000	33	28	3.7										
22000	36	32	4										
24000	39	37	4.3										
26000	43	44	4.8										
28000	46	50	5.1	15	3.1								
30000	49	56	5.5	17	3.3								
32000	52	62	5.8	19	3.5								
34000	56	70	6.2	21	3.8								
36000	59	77	6.6	23	4								
38000	62	84	6.9	25	4.2								
40000	65	92	7.2	28	4.4	12	3.1						
42000	69	102	7.7	31	4.7	13	3.3						
44000	72	110	8	33	4.9	14	3.4						
46000	75	118	8.4	36	5.1	15	3.6						
48000	78	126	8.7	38	5.3	16	3.7						
50000	82	138	9.1	42	5.6	18	3.9						
55000	90	162	10	49	6.1	21	4.3						
60000	98	188	10.9	57	6.6	25	4.7	9	3.1				
65000	106	216	11.8	66	7.2	28	5.1	10	3.3				
70000	114	246	12.7	75	7.7	32	5.4	12	3.6				
75000	123	281	13.7	86	8.3	37	5.9	13	3.9				
80000	131	313	14.6	96	8.9	41	6.3	15	4.1				
85000	139	348	15.5	106	9.4	45	6.6	17	4.4				
90000	147	384	16.4	117	10	51	7	18	4.6				
95000	155	421	17.3	129	10.5	56	7.4	20	4.9	7	3.1		
100000	163	460	18.2	140	11	61	7.8	22	5.1	7	3.3		
110000	180	547	20.1	167	12.2	73	8.6	26	5.6	9	3.6		
120000	196	635	21.9	194	13.3	84	9.4	31	6.1	10	3.9		
130000	213	735	23.8	225	14.4	98	10.2	36	6.7	12	4.3		
140000	229	834	25.5	255	15.5	111	10.9	40	7.2	14	4.6	5	3.2
150000	245	939	27.3	287	16.6	125	11.7	46	7.7	15	4.9	6	3.4
160000	262	1056	29.2	323	17.7	140	12.5	51	8.2	17	5.3	7	3.6
170000	278	1172	31	358	18.8	156	13.3	57	8.7	19	5.6	8	3.9
180000	294	1292	32.8	395	19.9	172	14	63	9.2	21	5.9	9	4.1
190000	311	1426	34.7	436	21.1	190	14.8	69	9.7	24	6.2	10	4.3
200000	327	1557	36.5	476	22.2	207	15.6	76	10.2	26	6.6	11	4.6
220000	360	1842	40.1	563	24.4	245	17.2	90	11.3	31	7.2	13	5
240000	392	2139	43.7	654	26.6	285	18.7	104	12.3	36	7.9	15	5.5
260000	425	2464	47.4	754	28.8	328	20.3	120	13.2	41	8.5	17	5.9

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径		50		70		89×4		108×4		133×4		159×4	
内径/mm		53		68		81		100		125		150	
外径/mm		60		75.50		89		108		133		159	
Q	G	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v
280000	458	2809	51.1	850	31	374	21.9	137	14.3	47	9.2	20	6.4
300000	490	3162	54.6	967	33.2	421	23.4	154	15.4	53	9.8	22	6.8
320000	523	3544	58.3	1084	35.4	472	25	173	16.4	60	10.5	25	7.3
340000	556	3945	62	1206	37.7	525	26.5	193	17.4	66	11.1	28	7.7
360000	589	4364	65.7	1335	39.9	581	28.1	213	18.5	74	11.8	31	8.2
380000	621	4788	69.3	1464	42.1	637	29.7	234	19.5	81	12.5	34	8.6
400000	654			1603	44.3	698	31.2	256	20.5	88	13.1	37	9.1
420000	687			1748	46.5	761	32.8	279	21.5	96	13.8	40	9.6
440000	719			1893	48.7	824	34.3	302	22.5	104	14.4	44	10
460000	752			2048	50.9	891	35.9	327	23.6	113	15.1	47	10.5
480000	785			2208	53.2	961	37.5	353	24.6	122	15.7	51	10.9
500000	817			2368	55.4	1031	39	378	25.6	131	16.4	55	11.4
550000	899			2800	60.9	1219	42.9	447	28.2	155	18	65	12.5
600000	981			3262	66.5	1420	46.8	521	30.7	180	19.7	76	13.7
650000	1063			3755	72	1635	50.8	600	33.3	208	21.3	87	14.8
700000	1144			4270	77.5	1859	54.6	683	35.8	236	22.9	99	15.9
750000	1226					2099	58.5	771	38.4	267	24.6	112	17.1
800000	1308					2351	62.5	863	41	299	26.2	125	18.2
850000	1390					2615	66.4	960	43.5	332	27.9	136	19.4
900000	1471					2888	70.2	1060	46.1	367	29.5	154	20.5
950000	1553					3176	74.2	1166	48.7	404	31.1	169	21.6
1000000	1635					3475	78.1	1276	51.2	442	32.8	185	22.8
1100000	1798							1507	56.3	522	36	219	25
1200000	1962							1756	61.5	608	39.3	255	27.3
1300000	2125							2020	66.6	699	42.6	294	29.6
1400000	2289							2301	71.7	796	45.9	335	31.9
1500000	2452							2596	76.8	898	49.2	377	34.1
1600000	2616									1006	52.4	423	36.4
1700000	2779									1119	55.7	470	38.7
1800000	2943									1237	59	520	41
1900000	3106									1360	62.3	571	43.2
2000000	3270									1488	65.6	625	45.5
2200000	3597									1758	72.1	739	50.1
2400000	3924									2048	78.7	861	54.6
2600000	4251											990	59.2
2800000	4578											1127	63.7
3000000	4905											1272	68.3
3200000	5232											1425	72.8
3400000	5559											1584	77.4

注：Q—管段热负荷，W；G—管段蒸汽流量，kg/h；R—单位长度摩擦压力损失，Pa/m；v—流速，m/s。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

高压凝结水是指带有二次蒸发汽的汽水混合体。高压凝结水系统一般可分为开式系统和闭式系统（见图31-9），设计时究竟采用哪一种回水系统，应权衡二次蒸汽利用的可能性和经济合理性并与热力网设计共同考虑。散热器至疏水器间的管径按表31-36选取，在概略计算时，即不要求凝结水管各合流点的压力严格协调时，对于开式（管段c）高压凝结水系统的管径可按表31-37选用，对于闭式系统（管段a）高压凝结水系统的管径可按表31-38选用。

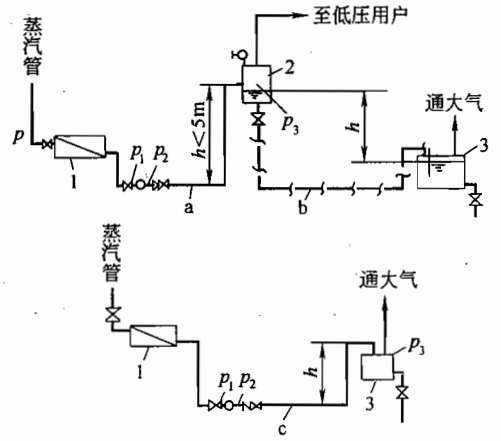


图31-9 高压凝结水系统

a—闭式高压凝结水系统；b—压力凝结水系统；c—开式高压凝结水系统；p_1—疏水器前压力；p_2—疏水器后压力；p_3—二次蒸发汽压力；1—散热器；2—二次蒸发箱；3—凝结水箱

③ 机械循环热水采暖系统　当室内采暖系统与城市热网通过换热器间接连接时，或是在自行选择循环水泵的单独室内采暖系统中，压力损失总值应根据压力平衡的要求决定，除很小的系统外，一般在2～5mH_2O范围。有关压力损失总值计算及各环路压力平衡方法，详见《采暖通风设计手册》。

管道内流量

$$G=\frac{0.86Q}{\Delta t}\ \text{kg/h} \qquad (31\text{-}16)$$

式中　Q——各管段所带散热器的散热量，W；

Δt——所选定的采暖系统温降，℃。

热水采暖系统管径计算不宜超过表31-39规定的最大流速。

④ 高温水采暖系统　高温水的供水温度及供回水温差应根据系统规模的大小、换热器或锅炉的种类、管道布置等具体情况确定。目前常用的热媒温度有110～70℃及130～70℃。辐射板采暖以采用130～70℃高温热水为宜。

表31-36　由散热器至疏水器间不同管径通过的热负荷

管径/mm	热量/kW	管径/mm	热量/kW
15	9.3	70	583
20	30.2	80	860
25	46.5	100	1340
32	98.8	125	2190
40	128	150	4950
50	246		

表31-37　开式高压凝结水系统的管径（p=20kPa）

漏汽加二次蒸发汽量按10%计算，K=0.5mm，ρ_{pj}=5.8kg/m³

Δp /(Pa/m)	在下列管径时通过的热量/kW											219×6
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	
	1/2″	3/4″	1″	1¼″	1½″	2″	2½″	3″	4″	5″	6″	
20	3.76	8.34	15.5	31.8	45.2	98.6	174	287	541	714	1570	3070
40	5.28	11.7	21.9	45.6	65	140	245	405	764	1010	2231	4310
60	6.46	14.4	26.8	55.7	78.7	171	299	496	939	1230	2712	5260
80	7.52	16.7	31	63.6	90.4	197	348	573	1080	1430	3150	6130
100	8.46	18.6	34.8	71.8	101	220	389	637	1200	1590	3470	6820
120	9.16	20.2	37.9	78.5	111	243	425	704	1330	1750	3830	7430
150	10.1	22.8	42.5	88.1	124	271	476	786	1480	1960	4290	8340
200	11.7	26.2	49	101	137	312	552	902	1700	2250	4920	9630
250	13.2	29.3	54.7	106	153	351	617	1010	1910	2540	5530	16800
300	14.4	32.2	59.9	124	169	382	672	1100	2090	2760	6010	11700
350	15.5	34.5	65	134	182	415	729	1200	2280	2980	6530	12700
400	16.6	37.2	69.5	143	195	444	777	1280	2420	3220	7020	13700
450	17.6	39.2	74	153	207	469	824	1360	2570	3410	7400	14500
500	20.2	41.3	77.5	160	218	493	869	1430	2710	3570	7810	15000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-38　闭式高压凝结水系统的管径（p=20kPa）

漏汽加二次蒸发汽量按 10%计算，K=0.5mm，ρ_{pj}=7.88kg/m³

Δp /(Pa/m)	在下列管径时通过的热量/kW											
	15	20	25	32	40	50	70	80	100	125	150	219×6
	1/2″	3/4″	1″	1¼″	1½″	2″	2½″	3″	4″	5″	6″	
20	4.35	9.63	17.9	37.0	52.3	115	202	332	628	880	1810	3550
40	6.11	13.6	25.5	52.8	74.9	162	285	470	890	1170	2580	5000
60	7.52	16.6	31.1	64.6	91.1	198	348	575	1090	1430	3140	6690
80	8.69	19.1	35.9	74.0	105	229	404	640	1260	1660	3630	7080
100	9.75	21.6	40.3	83.4	117	256	451	740	1460	1840	4030	7870
120	10.6	23.5	44.0	91.0	129	281	493	813	1540	2030	4440	8660
150	11.7	26.3	49.3	102	144	315	552	910	1720	2280	4980	9690
200	13.6	30.1	56.7	117	167	362	637	1045	1970	2610	5710	11100
250	15.2	34.1	63.4	132	187	406	716	1174	2220	2940	6420	12500
300	16.7	37.1	69.5	144	204	444	780	1280	2420	3190	7000	13600
350	18.0	40.2	75.2	155	221	482	846	1386	2630	3460	7560	14800
400	19.3	43.1	80.7	167	236	513	904	1480	2810	3720	8120	15900
450	20.4	45.6	85.7	176	250	546	957	1570	2980	3950	8660	16800
500	21.5	47.9	90.0	186	263	573	1010	1660	3140	4130	9070	17600

表 31-39　热水采暖管道最大流速

公称直径 /mm	安静流速 /(m/s)	极限流速 /(m/s)
15	0.255	0.49
20	0.34	0.64
25	0.41	0.794
32	0.522	0.984
40	0.637	0.989
50	0.783	1.50
70	0.907	1.50
80	1.11	1.50
100	1.11	1.50
125	1.14	1.48

防止高温水采暖系统的热汽化是保证系统中水正常循环的关键。高温热水系统中任何部位的压力必须不低于该点饱和温度所相应的压力。高温水采暖系统进口处控制的工作压力（$p_{进}$）可按式（31-17）计算。

$$p_{进}=p_{汽}+p_{静}+p_{阻}+\Delta p \quad \text{MPa} \quad (31\text{-}17)$$

式中　$p_{汽}$——进口供水温度所对应的饱和压力，MPa；

$p_{静}$——系统最高点超出进口的静水压力，MPa；

$p_{阻}$——从进口至采暖系统最远点的管道压力损失，MPa；

Δp——安全系数，取 0.02～0.05MPa。

供水压力不能大于采暖系统最低层散热器的承受压力。

高温水采暖系统的管径计算与热水采暖系统的计算方法相同。

1.2.5　防火防爆要求

① 在散发可燃粉尘、纤维的厂房内，散热器采暖的热煤温度不应过高，散热器表面平均温度不应超过 82.5℃。甲、乙类厂房和甲、乙类仓库内严禁采用明火和电热散热器采暖。

② 下列厂房应采用不循环使用的热风采暖。

生产过程中散发的可燃气体、蒸汽、粉尘与采暖管道，散热器表面接触能引起燃烧的厂房；

生产过程中散发的粉尘受到水、水蒸气的作用能引起自燃、爆炸以及受到水、水蒸气的作用能产生爆炸性气体的厂房。

③ 房间内有与采暖管道接触能引起燃烧爆炸的气体、蒸气或粉尘时，采暖管道不应穿过，如必须穿过，应采用非燃材料隔热。

④ 温度不超过 100℃的采暖管道如通过可燃构件时，应与构件保持不小于 50mm 距离；温度超过 100℃的采暖管道，应保持不小于 100mm 距离并采用非燃材料隔热。

⑤ 甲、乙类生产厂房、高层建筑和影剧院、体育馆等公共建筑的采暖管道和设备，其保温材料均应采用非燃材料。

⑥ 在甲乙类厂房中，送风系统不得使用电阻丝加热器。在全新风直流式送风系统中，可采用无明火的管状电加热器，加热器应设在通风机室内，电加热器后的总风道上应设止回阀，并应考虑无风断电的保护措施。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2 通风与除尘

车间通风的目的在于排除车间或房间内余热、余湿、有害气体或蒸汽、粉尘等，使车间内作业地带的空气保持适宜的温度、湿度和卫生要求，以保证劳动者的正常环境卫生条件。

2.1 工艺生产设备散热、散湿及有害气体散发量计算

2.1.1 散热量计算

(1) 工艺设备（包括容器、罐等）平壁表面散热量

工艺设备（包括容器、罐等）平壁表面散热量按式（31-18）或式（31-19）计算。

$$Q=KF(t_r-t_n) \tag{31-18}$$

$$Q_s=\alpha_f F(t_b-t_n) \tag{31-19}$$

$$K=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_x}+\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\cdots+\frac{\delta_n}{\lambda_n}+\frac{1}{\alpha_f}} \tag{31-20}$$

式中 Q，Q_s——设备散热量；W；

F——设备表面积，m^2；

t_r——热介质温度，℃；

t_b——设备散热表面温度，℃；

t_n——室内温度，℃；

α_f——设备外壁面换热系数，W/(m^2·℃)；一般可取 11.63；

K——设备外壁传热系数，W/(m^2·℃)；

δ——设备外壁各材料层的厚度，m；

$\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\cdots+\frac{\delta_n}{\lambda_n}$——构成设备外壁的各层热阻，($m^2$·℃)/W；

λ——各材料层在相应温度下的热导率，W/(m·℃)；

α_x——设备内壁的换热系数，$\alpha_x=\alpha_d+\alpha_{fu}$，W/($m^2$·℃)；

α_d——对流换热系数，W/(m^2·℃)；

α_{fu}——辐射换热系数，W/(m^2·℃)。

通常吸热是在封闭空间内进行，辐射相互抵消，则 $\alpha_x=\alpha_d$，α_d 可按以下情况计算。

当空气或气体流速 $v\leqslant 5$m/s 时，

$$\alpha_d=6.16+4.19v \tag{31-21}$$

当空气或气体流速 $v>5$m/s 时，

$$\alpha_d=7.52v^{0.78} \tag{31-22}$$

当热介质为烟气时，$\alpha_d=10v$ (31-23)

式中 v——介质流速，m/s。

(2) 工业炉散热量

炉子表面散热量可按图 31-10 求得（炉壁材料为红砖或耐火砖）。当缺乏资料时，也可按式（31-24），式（31-25）计算（包括加热工件散热）。

冬季 $Q=G_{pj}Q_r\eta\beta$ kW (31-24)

夏季 $Q=G_{max}Q_r\eta\beta$ kW (31-25)

式中 G_{pj}——燃料平均消耗量，kg/h；

G_{max}——燃料最大消耗量，kg/h；

Q_r——燃料理论热值，见表 31-40，kJ/kg 或 kJ/m^3；

η——燃料燃烧效率；固体燃料 $\eta=0.9\sim0.97$，液体燃料 $\eta=0.95\sim1.0$，气体燃料 $\eta=1.0$；

β——散热系数，见表 31-41。

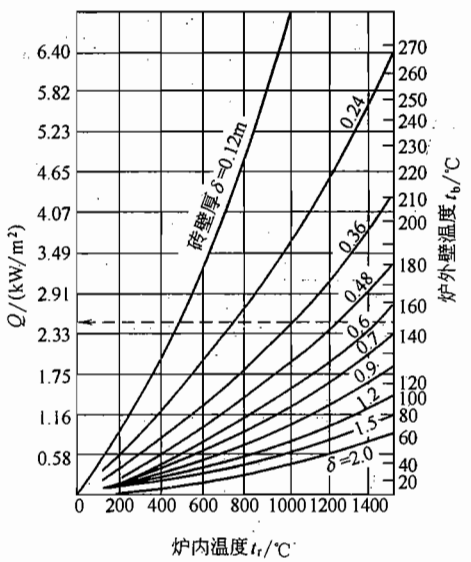


图 31-10 炉体表面散热量计算图

表 31-40 各种燃料的理论热值 Q_r

燃料种类	燃料名称	理论热值 Q_r/(kJ/kg)
固体燃料	泥煤和褐煤	16750～25120
	烟煤和无烟煤	25120～32400
	高温焦煤	25120～31400
	半焦煤	20930～29300
	炭	33910
	木材	6280～14650
液体燃料	石油原油	37680～46060
	汽油	46060～54430
	轻油	44800
	重油	41870
	酒精	29310
气体燃料	氢	12780
	甲烷	39890
	乙炔	57730
	煤气	5020～8370
	水煤气	11300～12140
	天然气	29310～66990

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-41 有组织排烟时炉子的散热系数 β（考虑加工件散热量）

炉子型式	β	炉子型式	β
固定炉底室式炉	0.45～0.55	双眼式炉	0.40～0.50
滚底式炉、室式炉	0.50～0.60	立式炉	0.35～0.40
连续加热炉	0.50～0.55	加热槽	0.40～0.45
开隙式炉	0.40～0.50		

(3) 电动设备散热量

① 工艺设备及电机都在同一室内时

$$Q=1000\eta_1\eta_2\eta_3\frac{N}{\eta} \quad (31\text{-}26)$$

式中 Q——电机设备发热量，W；

η_1——电机容量利用系数，电动设备最大实耗功率与安装功率之比一般可取 0.7～0.9；

η_2——负荷系数，电动设备小时平均实耗功率与设计最大实耗功率之比一般为 0.5～0.8；

η_3——同时使用系数，即房间内同时使用的安装功率与总安装功率之比；

N——电机安装功率，kW；

η——电机效率，与电机型号、负荷情况有关，可参见表 31-42 中数据采用。

② 电机不在同一室内，仅计算工艺设备散热量

$$Q=1000\eta_1\eta_2\eta_3 N \quad (31\text{-}27)$$

③ 工艺设备不在同一室内，仅计算电机散热量

$$Q=1000\eta_1\eta_2\eta_3 N\left(\frac{1-\eta}{\eta}\right) \quad (31\text{-}28)$$

④ 机械加工机床散热量

$$Q=1000\sum Nn \quad (31\text{-}29)$$

式中 $\sum N$——总安装功率，kW；

n——热转换系数，用乳化液冷却刀具时取 0.15～0.2，不用乳化液冷却刀具时取 0.25。

(4) 化学反应散热量

可燃气体在燃烧过程中，散发热量按式 (31-30) 计算。

$$Q=n_1n_2GQ_r \quad (31\text{-}30)$$

式中 Q——散热量，kJ/h；

n_1——不完全燃烧系数，可取 0.95；

n_2——负荷系数，每个燃烧点实际燃料消耗量与最大消耗量之比根据工艺使用情况确定；

G——燃料消耗量，m^3/h；

Q_r——燃料热值，kJ/m^3，见表 31-40。

(5) 热水表面向室内散发的热量 Q

$$Q=1.16(4.9+3.5v)(t_1-t_2)F\ W \quad (31\text{-}31)$$

式中 v——水面上空气流动速度，m/s；

t_1——水的温度，℃；

t_2——周围空气的温度，℃；

F——水的表面积，m^2。

(6) 照明设备散热量 Q

白炽灯 $Q=1000n_1N$ (31-32)

荧光灯 $Q=1000n_1n_2n_3N$ (31-33)

式中 Q——散热量，W；

N——灯具安装功率，kW；

n_1——同时使用系数；

n_2——镇流器散热系数，镇流器装在室内时取 1.2，装在吊顶内时取 1.0；

n_3——安装系数，明装时取 1.0，暗装且灯罩上部穿有小孔时，取 0.5～0.6；暗装且灯罩上无孔时，取 0.6～0.8。

(7) 人体散热量

$$Q=\varphi nq \quad (31\text{-}34)$$

式中 Q——人体散热量，W；

n——人数；

q——单个成年男子的散热量，见表 31-45；

φ——考虑不同性质的场所，成年男子和成年女子、儿童的比例不同的群集系数，见表 31-43。

(8) 电炉散热量

电加热炉（槽）散热量可按表 31-44 做概略计算。

表 31-42 电机效率

电机功率/kW	电机效率
0.25～1.1	0.76
1.5～2.2	0.80
3.0～4.0	0.83
5.5～7.5	0.85
10～13	0.87
17～22	0.88

表 31-43 某些场所的群集系数

场所名称	群集系数
影剧院	0.89
图书馆、阅览室	0.96
旅馆	0.93
体育馆	0.92
百货商场	0.89
纺织厂	0.90
铸造车间	1.0
炼钢车间	1.0

表 31-44 电炉和电热槽的散热量 /kW

型式	包括加热工件的散热量	不包括加热工件的散热量
电热炉	0.7Ne	(0.25～0.35)Ne
电热槽	0.3Ne	(0.15～0.2)Ne

注：1. Ne—电炉（槽）的额定功率，kW。

2. 炉门或槽上装设排风罩时，散入厂房内的热量按表中“不包括加热工件的散热量”一栏的 30%采用；加热工件的散热量另计。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.1.2 散湿量计算

(1) 人体散湿量

$$G=\varphi n q \qquad (31\text{-}35)$$

式中 G——人体散湿量，g/h；

n——人数；

q——单个成年男子的散湿量，见表31-45；

φ——考虑不同性质的场所，成年男子和成年女子、儿童的比例不同的群集系数，见表31-43。

(2) 敞露水面散湿量

表31-46为在标准大气压力下，每平方米敞露水面的散湿量，当为非标准大气压力下时，表中数字应乘以修正系数 ϕ。

$$\phi=\frac{\text{标准大气压力 (Pa)}}{\text{当地实际大气压力 (Pa)}}$$

(3) 沿地面流动热水的表面蒸发量

$$G=\frac{G_1 c(t_1-t_2)}{r}\ \text{kg/h} \qquad (31\text{-}36)$$

式中 G_1——沿地面流动的水量，kg/h；

c——水的比热容，取4.19kJ/(kg·℃)；

t_1，t_2——水的初温和终温，℃；

r——汽化热，平均取2450kJ/kg。

2.1.3 有害气体散发量计算

(1) 直接燃烧生成的有害气体量

① 固体或液体燃料燃烧

一氧化碳 $G_{CO}=0.233q_b C_g$ g/kg

二氧化硫 $G_{SO_2}=20S_g$ g/kg

② 天然气燃烧

一氧化碳 $G_{CO}=0.125q_b(V_{CH_4}+2V_{C_2H_6}+3V_{C_3H_8}+4V_{C_4H_{10}}+5V_{C_5H_{12}})$ g/Nm³

二氧化硫 $G_{SO_2}=15.2V_{H_2S}$ g/m³（标）

式中 q_b——燃料的化学不完全燃烧百分数，一般 $q_b=2\%\sim4\%$；

C_g——燃料中含碳的百分数；

S_g——燃料中含硫的百分数；

V_{CH_4}，$V_{C_2H_6}$，$V_{C_3H_8}$，$V_{C_4H_{10}}$，$V_{C_5H_{12}}$，V_{H_2S}——气体燃料中所含甲烷等气体的体积分数。

(2) 炉子缝隙漏气量

通过炉子缝隙漏出的烟气量，按燃烧生成物总量的3%～8%估算。

表31-45 单个成年男子散热量（W）和散湿量

项目	室温/℃														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
静坐：如影剧院、食堂、阅览室等															
显热/W	99	93	89	87	84	80	78	74	71	67	63	58	53	48	43
潜热/W	18	20	22	23	26	28	30	34	37	41	45	50	55	60	65
全热/W	117	113	111	110	110	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108
散湿量/(g/h)	26	30	33	35	38	41	45	50	56	61	68	75	82	90	97
极轻劳动：如办公室、旅馆、体育馆、手表安装、电子元件制造等															
显热/W	108	105	100	97	90	85	79	74	70	65	61	57	51	45	41
潜热/W	34	36	40	43	46	51	56	60	64	69	73	77	83	89	93
全热/W	142	141	140	140	136	136	135	134	134	134	134	134	134	134	134
散湿量/(g/h)	50	54	59	64	69	76	83	89	96	102	109	116	123	132	139
轻劳动：如商店、化学实验室、电子计算机房、工厂台面工作等															
显热/W	118	112	106	99	93	87	81	76	70	63	58	52	46	39	35
潜热/W	71	74	79	84	90	94	100	105	111	118	123	129	135	142	146
全热/W	189	186	185	183	183	181	181	181	181	181	181	181	181	181	181
散湿量/(g/h)	105	110	118	126	134	140	150	158	167	175	184	193	203	212	220
中等劳动：如纺织车间、印刷车间、机加工车间等															
显热/W	150	142	134	126	117	112	104	97	88	83	74	68	61	52	45
潜热/W	86	94	102	110	118	123	131	138	147	152	161	167	174	183	190
全热/W	236	236	236	236	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235	235
散湿量/(g/h)	128	141	153	165	175	184	196	207	219	227	240	250	260	273	283
重劳动：如炼钢车间、铸造车间、排练厅、室内运动场等															
显热/W	192	186	180	174	169	163	157	151	145	139	134	128	122	116	111
潜热/W	215	221	227	233	238	244	250	256	262	268	273	279	285	291	296
全热/W	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407	407
散湿量/(g/h)	321	330	339	347	356	365	373	382	391	400	408	417	425	434	443

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-46　敞开水槽表面蒸发湿量（水面风速 $v=0.3m/s$）　/(kg/h)

室温/℃	室内相对湿度/%	温度/℃								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
18	40	0.308	0.700	1.630	3.300	6.050	10.50	17.90	29.20	49.20
	45	0.288	0.676	1.600	3.280	6.020	10.48	17.80	29.10	49.10
	50	0.267	0.657	1.580	3.240	5.960	10.45	17.80	29.10	49.10
	55	0.244	0.632	1.560	3.220	5.940	10.40	17.70	29.10	49.00
	60	0.224	0.612	1.530	3.180	5.900	10.37	17.70	29.00	49.00
	65	0.204	0.592	1.500	3.150	5.890	10.30	17.70	28.90	48.90
	70	0.183	0.572	1.480	3.130	5.850	10.30	17.60	28.90	48.80
20	40	0.286	0.676	1.610	3.270	6.020	10.48	17.80	29.20	49.10
	45	0.262	0.654	1.570	3.240	5.970	10.42	17.80	29.10	49.00
	50	0.238	0.627	1.550	3.200	5.940	10.40	17.70	29.00	49.00
	55	0.214	0.603	1.520	3.170	5.900	10.35	17.70	29.00	48.90
	60	0.190	0.580	1.490	3.140	5.860	10.30	17.70	29.00	48.80
	65	0.167	0.556	1.460	3.100	5.820	10.27	17.60	28.90	48.70
	70	0.142	0.532	1.430	3.060	5.790	10.27	17.60	28.80	48.70
24	40	0.232	0.622	1.540	3.200	5.930	10.40	17.70	29.20	49.00
	45	0.203	0.531	1.500	3.150	5.890	10.32	17.70	29.00	48.90
	50	0.172	0.561	1.460	3.110	5.860	10.30	17.60	28.90	48.80
	55	0.142	0.532	1.430	3.070	5.780	10.22	17.60	28.80	48.70
	60	0.112	0.501	1.390	3.020	5.730	10.22	17.50	28.80	48.60
	65	0.083	0.472	1.360	3.020	5.680	10.12	17.40	28.80	48.50
	70	0.051	0.440	1.320	2.940	5.650	10.00	17.40	28.70	48.50
28	40	0.168	0.557	1.460	3.110	5.840	10.30	17.60	28.90	48.90
	45	0.130	0.518	1.410	3.050	5.770	10.21	17.60	28.80	48.80
	50	0.091	0.480	1.370	2.990	5.710	10.12	17.50	28.75	48.70
	55	0.053	0.442	1.320	2.940	5.650	10.00	17.40	28.70	48.60
	60	0.0145	0.404	1.270	2.890	5.600	10.00	17.30	28.60	48.50
	65	−0.025	0.364	1.230	2.830	5.540	9.95	17.30	28.50	48.40
	70	−0.063	0.326	1.180	2.780	5.470	9.90	17.20	28.40	48.30

(3) 经过设备或管道不严密处漏出气体量

$$G=CV\sqrt{\frac{M}{T}}\ \text{kg/h} \qquad (31\text{-}37)$$

式中　C——系数，见表 31-47；

V——设备或管道内部容积，m^3；

M——气体分子量；

T——气体绝对温度，K。

表 31-47　系数 C

工作压力/MPa	C	工作压力/MPa	C
<0.1	0.121	4.0	0.252
0.1	0.166	16.0	0.298
0.6	0.182	40.0	0.297
1.6	0.189	100.0	0.370

一般由设备或管道不严密处漏出气量 G 的正常值约为设备或管道总容积储量的 0.1%～0.2%之间。

2.2　自然通风

自然通风是利用厂房内外空气密度差引起的热压或风力造成的风压来促使空气流动，进行通风换气。

消除生产车间余热余湿的通风设计。宜优先采用自然通风，放散热量的建筑物其自然通风量应按热压作用进行计算。

2.2.1　自然通风的设计原则

① 在决定厂房总图方位时，厂房纵轴应尽量布置成东、西向，以避免有大面积的窗和墙受日晒影响，尤其在我国南方炎热地区更应注意。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 厂房主要进风面一般应与夏季主导风向成60°～90°角，不应小于45°角，并与避免西晒问题同时考虑。

③ 热加工厂房的平面布置最好不采用“封闭的庭院式”，应尽量布置成“L”型、“凵”型或“山”型。开口部分应该位于夏季主导风向的迎风面，而各翼的纵轴与主导风向成0～45°角。

④ “凵”或“山”型建筑物各翼的间距一般不应小于相邻两翼高度（由地面到屋檐）和的一半，最好在15m以上。如建筑物内不产生大量有害物质，其间距可减至12m，但必须符合防火标准的规定。

⑤ 在放散大量热量的单层厂房四周，不宜修建披屋，如确有必要时，应避免设在夏季主导风向的迎风面。

⑥ 放散大量热和有害物质的生产过程，宜设在单层厂房内；如设在多层厂房内，宜布置在厂房的顶层；必须设在多层厂房的其他各层时，应防止污染上层各房间内的空气。当放散不同有害物质的生产过程布置在同一建筑物内时，毒害大与毒害小的放散源应隔开。

⑦ 采用自然通风时，如热源和有害物质放散源布置在车间内的一侧时，应符合下列要求：以放散热量为主时，应布置在夏季主导风向的下风侧；以放散有害物质为主时，一般布置在全年主导风向的下风侧。

⑧ 自然通风进风口的标高，建议按下列条件采取。

夏季进风口下缘距室内地坪愈小，对进风愈有利，一般应采用0.3～1.2m，推荐采用0.6～0.8m。

冬季及过渡季进风口下缘距室内地坪一般不低于4m，如低于4m时，可采取措施以防止冷风直接吹向工作地点。

⑨ 在我国南方炎热地区的厂房，当不放散大量粉尘和有害气体时，可以考虑采用以穿堂风为主的自然通风方式。

⑩ 为了充分发挥穿堂风的作用，侧窗进、排风的面积均应不小于厂房侧墙面积的30%，厂房的四周也应尽量减少披屋等辅助建筑物。

⑪ 放散剧毒物质的生产厂房严禁采用自然通风。周围空气被粉尘或其他有害物质严重污染的生产厂房，不应采用自然通风。

2.2.2 自然通风的计算

放散热量的生产厂房及辅助建筑物，其自然通风应仅考虑热压作用。

① 自然通风的通风量应按式（31-38）计算。

$$G=\frac{Q}{\alpha c_p(t_p-t_{wf})} \tag{31-38}$$

或

$$G=\frac{mQ}{\alpha c_p(t_n-t_{wf})}$$

式中 G——通风量，kg/h；

Q——散至室内的全部显热量；W；

c_p——空气的比定压热容，c_p=1kJ/(kg·℃)；

α——单位换算系数，对于法定计量单位（SI制），α=0.28；

t_p——排风温度，℃，按本节②确定；

t_n——室内工作地点温度，℃，见表31-48；

t_{wf}——夏季通风室外计算温度，℃；

m——散热量有效系数，按本节③确定。

注：确定自然通风量时，尚应考虑机械通风的影响。

表31-48 “室内工作地点温度 /℃

夏季通风室外计算温度	允许温差	工作地点温度
≤22	10	≤32
23	9	32
24	8	
25	7	
26	6	
27	5	
28	4	
29～32	3	32～35
≥33	2	35

② 排风口温度应根据不同情况，分别按下列规定采用。

a. 有条件时，可按与夏季通风室外计算温度的允许温差确定。

b. 室内散热量比较均匀，且不大于116W/m³时，可按式（31-39）计算。

$$t_p=t_n+\Delta t_H(H-2) \tag{31-39}$$

式中 Δt_H——温度梯度，℃/m，见表31-49；

H——排风口中心距地面的高度，m。

其他符号的意义同式（31-38）。

c. 当采用m值时，可按式（31-40）计算。

$$t_p=t_{wf}+\frac{t_n-t_{wf}}{m} \tag{31-40}$$

式中各项符号的意义同式（31-38）。

③ 散热量有效系数m值宜按相同建筑物和工艺布置的实测数据采用，当无实测数据时，单跨生产厂房可按下式计算。

$$m=m_1m_2m_3 \tag{31-41}$$

式中 m_1——根据热源占地面积f和地面面积F之比值，按图31-11确定的系数；

m_2——根据热源的高度，按表31-50确定的系数；

m_3——根据热源的辐射散热量Q_f和总散热量Q之比值，按表31-50确定的系数。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-49 温度梯度 Δt_H 值 /(℃/m)

室内散热量/(W/m³)	厂房高度/m										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
12～23	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
24～47	1.2	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
48～70	1.5	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.5
71～93	—	1.5	1.5	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9
94～116	—	—	—	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3

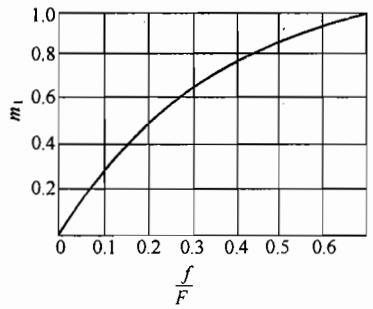


图 31-11 m_1 系数

表 31-50 系数 m_2、m_3 值

m_2	热源高度/m	m_3	Q_f/Q
1.0	≤2	1.00	≤0.40
0.85	4	1.03	0.45
0.75	6	1.07	0.50
0.65	8	1.12	0.55
0.6	10	1.18	0.60
0.55	12	1.30	0.65
0.5	≥14	1.45	0.70

④ 进风口和排风口的面积，应按下式计算。

$$F_j = \frac{G_j}{3600\sqrt{\frac{2g\rho_{wf}h_j(\rho_{wf}-\rho_{np})}{\zeta_j}}} \quad (31\text{-}42)$$

$$F_p = \frac{G_p}{3600\sqrt{\frac{2g\rho_p h_p(\rho_{wf}-\rho_{np})}{\zeta_p}}} \quad (31\text{-}43)$$

式中 F_j，F_p——分别为进风口和排风口面积，m^2；

G_j，G_p——分别为进风量和排风量，kg/h；

h_j，h_p——分别为进风口和排风口中心与中和界的高差，m；

ρ_{wf}——夏季通风室外计算温度下的空气密度，kg/m^3；

ρ_p——排风温度下的空气密度，kg/m^3；

ρ_{np}——室内空气的平均密度，kg/m^3，按作业地带和排风口处空气密度的平均值采用；

ζ_j，ζ_p——分别为进风口和排风口的局部阻力系数；

g——重力加速度，取为 $9.81m/s^2$。

2.3 机械通风

2.3.1 局部通风

(1) 局部排风的一般原则

在散发有害物（有害蒸汽、气体、粉尘）的场合，为了防止有害物污染室内空气，首先从工艺设备和生产操作等方面采取综合性措施；然后再根据作业地带的具体情况，考虑是否采用局部排风措施。

在排风系统中，以装设局部排风最为有效、最为经济。局部排风应根据工艺生产设备的具体情况及使用条件，并视所产生有害物的特性，来确定有组织的自然排风或机械排风。

在有可能突然产生大量有毒气体，易燃、易爆气体的场所，应考虑必要的事故排风。一般情况下，作业地带有害物的浓度应符合国家卫生标准，详见《工业企业设计卫生标准》(GBZ1—2002)。

① 局部排风系统的划分 不同的生产流程及不同时使用的生产设备，视设备的数量及管道的长短确定是否组合成一个排风系统或设立单独排风系统。为了正确合理地划分排风系统，应将同系统中各种不同特性的有害物混合后的情况，作一次最不利的全面分析。凡属下列情况之一时，应分别设置排风系统：

a. 两种或两种以上的有害物质混合后能引起燃烧或爆炸时；

b. 有害物质混合后能形成毒害更大的混合物或化合物时；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

c. 混合后的蒸气容易凝结并积聚粉尘时；

d. 产生剧毒物质房间的排风和设备；

e. 建筑物内设有储存易燃易爆物质的单独房间或有防火防爆要求的单独房间。

② 含有剧毒物质或难闻气味物质的局部排风系统，或含有浓度较高的爆炸危险性物质的局部排风系统所排出的气体，应排至建筑物空气动力阴影区和正压区外。

③ 局部排风罩的设计　在便于生产操作，工艺设备检修及各种管道安装的原则下，应首先考虑采用密闭式（带有固定的或活动的围挡板）的排风罩，其次考虑采用侧面排风罩或伞形排风罩。

在设备结构允许的条件下，排风罩应尽量靠近并对准有害物的散发方向。排风罩的型式应保证在一定风速时，能有效地以最少的风量，最大限度地排走其散发出来的有害物。

④ 局部排风的净化处理原则

a. 局部排风系统中收集的含有有害气体、蒸汽烟雾、粉尘的空气，应经净化或回收后再排入大气。当技术上不能达到净化要求时，应根据当地规划或自然条件，将未净化的空气排入较高的大气层中，以符合国家标准《居住区大气中有害物质的最高容许浓度》、《工业“三废”排放试行标准》的规定。

b. 局部排风系统排出的气体应以中和、吸附为主，用水稀释为副，高空放散为次的原则进行净化处理，净化装置排放的污水（溶液）应采取切实措施，防止对环境的再污染。

(2) 伞形排风罩和侧面排风罩

伞形排风罩和侧面排风罩由于结构简单、制造方便，常用来排热及排除其他有害气体。

① 伞形排风罩　与有害物气流相迎所安装的伞形罩，其罩口的截面和形状应尽可能与有害物散发源的水平投影相似。排风罩的开口角度 α 宜等于或小于 90°（最大不得大于 120°）。为减少排风罩高度，对于边长较长的矩形风罩可将长边分段设置。排风罩罩口边宜留有一定高度的垂直边（裙板），垂直边的高度 $h_2 \approx 0.25\sqrt{F}$（F 为罩口面积）。排出蒸汽或潮湿的气体时，应在排风罩结构上考虑排除凝结液的措施。

排除热气体的伞形排风罩（见图 31-12、图 31-13），罩口截面尺寸按式（31-44）计算。

矩形罩　$A=a+0.4h$ m　(31-44)

$B=b+0.4h$ m

圆形罩　$D=d_0+0.4h$ m

式中　A，B——罩口的长和宽，m；

a，b——有害物散发源的长和宽，m；

h——有害物散发源至罩口的距离，m；

D——罩口直径，m；

d_0——有害物散发源的直径，m。

伞形排风罩风量的计算：

$$L=3600Fv_0 \text{ m}^3/\text{h} \quad (31\text{-}45)$$

式中　F——罩口截面面积，m^2；

v_0——罩口截面上平均风速，m/s。

v_0 推荐以下风速：

四边敞开的伞形罩　$v_0=1.05\sim1.25$ m/s

三边敞开的伞形罩　$v_0=0.9\sim1.05$ m/s

二边敞开的伞形罩　$v_0=0.75\sim0.9$ m/s

一边敞开的伞形罩　$v_0=0.5\sim0.75$ m/s

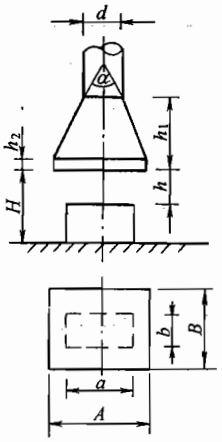


图 31-12　矩形伞形罩

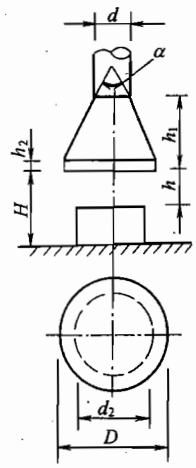


图 31-13　圆形伞形罩

采用自然排风伞形罩的必要条件是排出的有害气体一定要有上浮力。

如果有害气体散发源的上浮气流是不稳定的，或者周围空气与排出气流间的密度相差不大时，用伞形罩作自然排风是不合理的。

② 侧面排风罩　图 31-14 所示为常见的侧面排风罩型式。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

侧面排风罩罩口上，应设计有高度15～30mm的围挡法兰边，以提高排风效果。排风量分别按式(31-46)～式(31-49)计算。

图31-14（a）为侧面有平行于罩轴的平面罩

无边 $L_1=3600(5S^2+F)v_s$ m³/h (31-46)

有边 $L_2=0.75L_1$ m³/h (31-47)

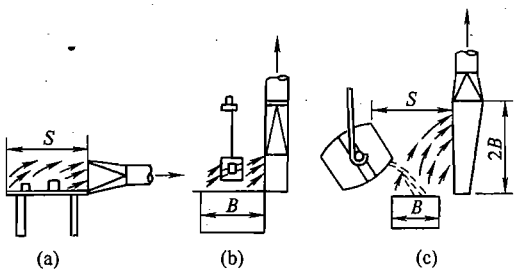


图31-14 侧面排风罩

图31-14（b）为无阻碍的无边罩口

$L_3=3600CBA$ m³/h (31-48)

图31-14（c）所示，

$L_4=3600(10S^2+F)v_s$ m³/h (31-49)

式中 F——排风罩口面积，图31-14（c）所示的排风罩高度取设备宽B的两倍；

S——罩口距最远作用点（或罩口距工作面边缘点）的距离，m；

v_s——在距罩口S米处的最小风速，一般取0.2～0.3m/s；

C——每平方米槽面所需排风量，按槽中所散发的有害物的毒性来决定，一般取0.55～0.83m³/(m²·s)；

B——槽宽，m；

A——槽长，m。

(3) 通风柜

通风柜的排风效果决定于其结构型式、尺寸和排风口的位置。

① 通风柜型式及选择原则 通风柜的选择应根据柜内放散有害物性质的程度、有效保护科研人员的卫生安全及节能降耗等因素来确定。

通风柜排风效果与工作口截面上风速的均匀性有关。一般要求工作口任一点的风速不能小于平均风速的80%。

当通风柜内产生热气流（如金属热处理、本生灯、加热板等）时，为防止柜内有害气体由工作口上缘逸出，应在通风柜上部抽风。

当通风柜内不产生热量时，应在下部抽风。下部排风口应紧靠工作台面。

为了使用灵活，应在通风柜内上、下均设排风口，并在排风口上设置调节板，以调节上、下排风比例。

图31-15～图31-17为常用的通风柜型式。

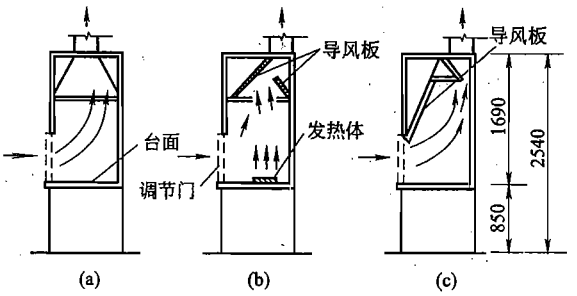


图31-15 上部排风的通风柜

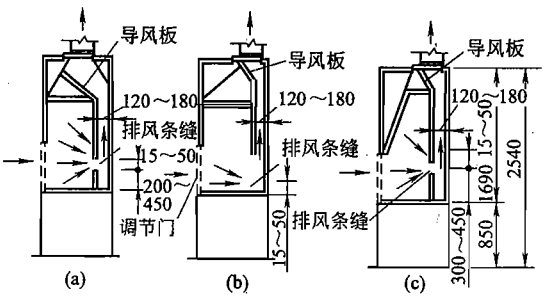


图31-16 下部排风的通风柜

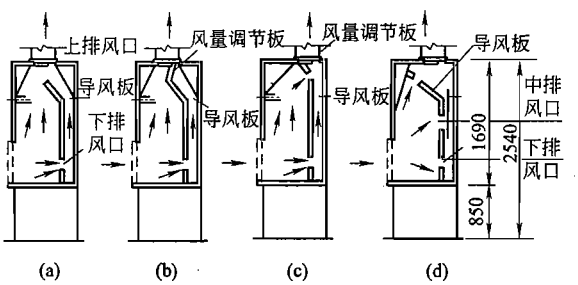


图31-17 上下联合排风的通风柜

图31-18为补风型通风柜，适用于有空调或净化要求的场所。通风柜带有补风装置，可以大大减少通风柜从空调房间内的补充风量（室内补风量仅为排风量的¼～⅓），从而具有明显的节能效果。

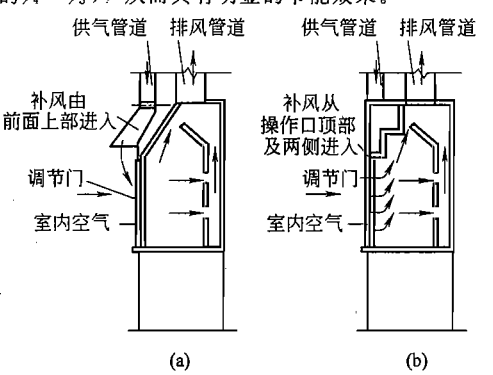


图31-18 补风型通风柜

② 通风柜的布置及系统设计应注意的问题如下。

室内有高度危险和放射性物质的通风柜排风不宜采用集中式排风系统，宜单独设置。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

当一个房间内有两个以上通风柜时，应划为一个系统，以避免一个通风柜使用时，其他通风柜产生倒流，使室内受到污染。

当一个排风系统带有不同房间的通风柜时，应有防止相互干扰与火灾蔓延的措施。

通风柜排风系统设计型式应根据通风柜的选型、通风柜使用数量综合确定。

集中排风系统的风机宜备用。

当通风柜内的有害物毒性大或有放射性微粒时，宜将排风通风机设在建筑物屋顶上，使所有通过通风机的管段均处于负压。排风口宜高出屋顶 3m。对于间歇工作的通风柜或在同一系统内，但不同时使用的通风柜，应装有防止有害气体倒灌的可关闭的密闭门。风量计算时，应适当考虑同时使用系数。

试验证明，利用门窗缝隙，无组织补风的系统排风量比有组织补风时减少 20%～30%，所以在排风量大的实验室中应设置有组织的自然补风或必要的机械补风。

工作时间连续使用排风系统的实验应设置送风系统，送风量不宜小于排风量的 70%，或根据房间的温度、湿度及压差要求确定送风量。

③ 通风柜的排风量计算

$$L=3600Fv\beta \ \mathrm{m^3/h} \qquad (31\text{-}50)$$

式中 F——操作口及缝隙实际开启面积，m^2；

v——操作口截面处的平均吸风速度，可按柜内散发有害物的种类，取用不同的风速；见表 31-51；

β——安全系数，一般取 $\beta=1.05\sim1.1$。

表 31-51 通风柜操作口最小的吸风面速度

通风柜内放散有害物的性质	吸风面速度/(m/s)	
	室内顶棚有补风	室内顶棚无补风
对人体无害但有污染的物质	0.4	0.5
轻、中度危害或有危险的有害物质	0.5	0.6
极度危害或少量放射性的有害物质	0.6	0.7

有多台通风柜的排风系统，通风柜的同时使用系数取 0.6～0.7。

④ 补风系统的风管可采用镀锌薄钢板。排风系统中的设备、部件及风管应根据内部输送气体介质的性质采用相应的防腐措施。

(4) 局部送风

工作人员在较长时间内直接受辐射热影响的工作地点；当其辐射照度大于等于 350W/m² 时，应采取隔热措施；受辐射热影响较大的工作室应隔热。

较长时间操作的工作地点，当其热环境达不到卫生要求时，应设置局部送风。

当采用不带喷雾的轴流通风机进行局部送风时，工作地点的风速，应符合轻作业 2～3m/s、中作业 3～5m/s、重作业 4～6m/s；当采用带喷雾的轴流通风机进行局部送风时，工作地点的风速应采用 3～5m/s，雾滴直径应小于 100μm。

设置系统式局部送风时，工作地点的温度和平均风速，应按表 31-52 采用；送风气流宜从人体的前侧上方倾斜吹到头、颈和胸部，送到人体上的有效宽度宜采用 1m，对于室内散热量小于 23W/m³ 的轻作业可采用 0.6m。

表 31-52 工作地点的温度和平均风速

热辐射照度/(W/m²)	冬季		夏季	
	温度/℃	风速/(m/s)	温度/℃	风速/(m/s)
350～700	20～25	1～2	26～31	1.5～3
701～1400	20～25	1～3	26～30	2～4
1401～2100	18～22	2～3	25～29	3～5
2101～2800	18～22	3～4	24～28	4～6

注：1. 轻作业时，温度宜采用表中较高值，风速宜采用较低值；重作业时，温度宜采用较低值，风速宜采用较高值；中作业时，其数据可按插入法确定。

2. 表中夏季工作地点的温度，对于夏热冬冷或夏热冬暖地区可提高 2℃；对于累年最热月平均温度小于 25℃的地区可降低 2℃。

3. 表中的热辐射照度系指 1h 内的平均值。

2.3.2 全面通风

控制工业有害物最有效的方法是局部排风，当利用局部通风或自然通风不能满足要求时，应采用机械全面通风。

(1) 全面通风量的确定

全面通风按以下几种情况分别计算通风量，并取其中最大值作为设计通风量。

① 消除室内余热所需通风量

$$L=\frac{3600Q}{c\rho(t_p-t_j)} \ \mathrm{m^3/h} \qquad (31\text{-}51)$$

式中 Q——余热量，kW；

ρ——进入空气的密度，kg/m^3；

c——空气比热容，一般取 1.01kJ/(kg·℃)；

t_j——进入空气的温度，℃；

t_p——排出空气的温度，℃。

② 消除室内余湿所需通风量

$$G=\frac{G_{sh}}{d_p-d_j} \ \mathrm{kg/h} \qquad (31\text{-}52)$$

式中 G_{sh}——散湿量，g/h；

d_j——进入空气的含湿量，g/kg；

d_p——排出空气的含湿量，g/kg。

③ 消除室内有害气体所需通风量

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$L=\frac{Z}{Y_p-Y_j}\ m^3/h \qquad (31\text{-}53)$$

式中 Z——散入室内的有害气体量，mg/h；

Y_j——进入空气中有害气体的浓度，mg/m³；

Y_p——排出空气中有害气体的最高允许浓度，mg/m³。

如室内同时散发几种有害物质时，换气量按其中最大值取。但当数种溶剂（苯及其同类物、醇类或醋酸酯类）的蒸气，或数种刺激性气体（二氧化硫、三氧化硫或氟化氢及其盐类等）同时在室内散发时，换气量按稀释各有害物所需换气量的总和计算。

④ 按换气次数计算通风量　当有害气体散发量无法确定时，按换气次数计算通风量。

$$L=KV\ m^3/h \qquad (31\text{-}54)$$

式中 L——送入房间或排出的空气量，m³/h；

V——房间体积，m³；

K——换气次数，次/h。

⑤ 按每人所需新鲜空气量计算通风量　每名工人所占容积小于20m³的车间，应保证每人每小时不少于30m³的新鲜空气量；如所占容积为20～40m³时，应保证每人每小时不少于20m³的新鲜空气量；所占容积超过40m³时，可由门窗缝隙渗入的空气量来换气。

(2) 气流组织

全面通风进、排风的气流组织应避免将含有大量热、蒸汽或有害物质的空气流入没有或仅有少量热、蒸汽或有害物质的作业地带。

对生产要求较清洁的房间，当其所处室外环境较差时，送入空气应经预过滤，并应保持室内正压，室内有害气体和粉尘有可能污染相邻房间时，则应保持负压。

送入车间的空气应从清洁区取风，其中有害气体、蒸气及粉尘的含量，不应超过车间空气中有害物质容许浓度的30%；当超过时，应设置空气净化装置。

① 送风方式　进入的新鲜空气，一般应送至作业地带或操作人员经常停留的工作地点。对于散发粉尘或有害气体并能用局部排风排除，同时又无大量余热的车间可送至上部地带。

机械送风系统进风口的位置，应符合下列要求：

a. 应直接设在室外空气较清洁的地点；

b. 应低于排风口；

c. 进风口的下缘距室外地坪不宜小于2m，当设在绿化地带时，不宜小于1m；

d. 应避免进风、排风短路。

② 排风方式　采用全面排风排出有害气体和蒸气时，应由室内有害气体浓度最大的区域排出，其排风方式应符合下列要求。

a. 当放散气体的密度比室内空气轻，或虽比室内空气重但建筑内放散的显热全年均能形成稳定的上升气流时，宜从房间上部区域排出。

b. 当放散气体的密度比空气重，建筑内放散的显热不足以形成稳定的上升气流而沉积在下部区域时，宜从下部区域排出总排风量的2/3，上部区域排出总排风量的1/3，且不应小于每小时1次换气。

c. 当人员活动区有害气体与空气混合后的浓度未超过卫生标准，且混合后气体的相对密度与空气密度接近时，可只设上部或下部区域排风。

2.3.3 有害气体的高空排放

通常，工业废气必须经过净化和回收处理才允许排入大气，目前由于净化和回收技术还不能完全消除排放气体中的有害物质，所以，有时只能将未净化的废气直接排入大气，通过在大气中的扩散进行稀释，使降落到地面后的有害气体浓度不超过环境的卫生标准。

局部排风中，含有剧毒物质或极难闻气味物质或排出含有浓度较高爆炸危险性物质，应排至建筑物的空气动力阴影区和正压区以上。

(1) 有效烟囱高度的估算

如烟囱高度为 H_o，烟羽由于动量作用抬升高度为 H_m，由于热浮力作用抬升高度为 H_t，则烟羽有效排烟高度为 H_e。

$$H_e=H_o+H_m+H_t \qquad (31\text{-}55)$$

令 $\Delta h=H_m+H_t$，Δh 称为烟羽的抬升高度。估算有效排烟高度主要是估算 Δh。

烟气在大气中扩散的图形见图31-19。

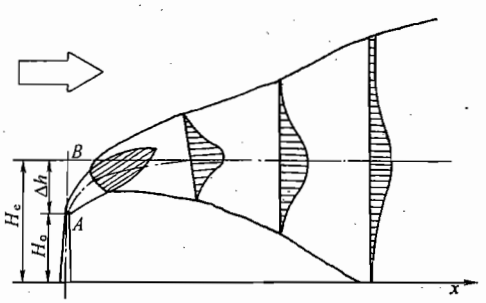


图31-19 烟羽抬升和扩散图形

烟羽的抬升高度 Δh 与烟囱的排烟条件、当地气象、地形与建筑物等因素有关。排烟条件主要包括烟囱出口内径 D、烟气排出速度 V_g、烟气排热率 Q_H 等。

烟羽抬升高度一般可按 HOLLAND 公式计算。

$$\Delta h=\frac{V_gD}{U}\left(1.5+2.7\frac{\Delta}{T}D\right)\ m \qquad (31\text{-}56)$$

式中 V_g——烟气从烟囱出口处的排出速度，m/s；

D——烟囱顶部内径，m；

U——烟囱口高度处大气平均风速，m/s；

Δ——烟囱温度与大气温度 T_1 的温度差，K；

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

T——排出烟气温度，K。

HOLLAND公式是通过风洞实验取得的，适用于中性大气状况。当大气状况为非稳定时，计算结果 Δh 值要增加10%～20%的修正值，对于稳定状况，则应降低10%～20%。

(2) 最大着地浓度的估算

求出烟气有效排放高度后，可用适当的大气扩散公式求出排放物的下风路径。目前有许多半经验公式可供采用。

对于平原地区、中性气象条件，连续点源下风向地面的有害物质最大浓度 C_{max}，可用萨顿（Sutten）公式计算。

$$C_{max}=\frac{2Q'}{\pi e UH_g^2}\left(\frac{C_x}{C_y}\right)\ \text{mg/kg} \qquad (31\text{-}57)$$

或

$$C_{max}=\frac{235Q}{UH_g^2}\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_y}\right)\ \text{mg/m}^3 \qquad (31\text{-}58)$$

若规定了有害物质的最大允许浓度 C_{max}，可由式（31-57）求出此烟囱对该有害物质的允许排放量 Q。

$$Q=\frac{UH_g^2}{235}\left(\frac{\sigma_y}{\sigma_x}\right)C_{max}\ \text{g/s} \qquad (31\text{-}59)$$

萨顿扩散公式计算时最大浓度点的距离为 X_{max}。

$$X_{max}=\left(\frac{H_g}{C_x}\right)^{\frac{2}{2-n}}\ \text{m} \qquad (31\text{-}60)$$

上述各公式中：

Q'——有害物的排放量，m^3/s；

Q——有害物的排放量，g/s；

H_g——烟囱有效高度，m；

U——烟囱出口处平均风速，m/s；

e——自然对数的底，2.7183；

C_y——水平方向的扩散系数；

C_x——垂直方向的扩散系数；

σ_x，σ_y——分别为垂直及水平方向的大气扩散系数；

n——大气稳定度的参数，取0～1。

萨顿提出的不同稳定度下的 C_y、C_x 值见表31-53，表中 n 值由湍流特性决定。

(3) 烟囱高度的计算

为确定烟囱的最小高度，以保证沉降到地面的粉尘量不超过大气质量标准，可按式（31-61）计算烟囱的有效高度。

$$H_e=\sqrt{\frac{235Q\times\sigma_x}{UC_{max}\sigma_y}} \qquad (31\text{-}61)$$

式中 C_{max}——卫生标准所规定的地面最大允许浓度，mg/m^3。

烟囱的实际高度 $H=H_e-\Delta h$ (31-62)

2.3.4 防火与防爆

(1) 生产的火灾危险性分类（见表31-54）

(2) 通风系统设计的特殊要求

① 甲、乙类厂房以及含有甲、乙类物质的其他厂房中的空气不应循环使用；含有燃烧或爆炸危险粉尘、纤维的丙类厂房中的空气，在循环使用前应经净化处理，并应使空气中的含尘浓度低于其爆炸下限的25%；对于排除含尘空气的局部排风系统，当排风经净化后，其含尘浓度仍大于或等于工作区容许浓度的30%时，空气不应循环使用；其他建筑物中含有容易起火或爆炸危险物质房间的空气不应循环使用。

② 甲、乙类厂房用的送风设备和排风设备不应布置在同一通风机房内，排风设备也不应和其他房间的送、排风设备布置在同一通风机房内。

③ 凡空气中含有易燃或有爆炸危险物质的场所，应设置独立的通风系统。其机械通风量应经计算或根据实际操作经验确定，但不应小于每小时6次换气。

④ 排除有燃烧和爆炸危险粉尘的空气，在进入排风机前应进行净化。对于空气中含有容易爆炸的铝、镁等粉尘，应采用不产生火花的除尘器；如粉尘与水接触能形成爆炸性混合物，不应采用湿式除尘器。

表31-53 C_y、C_x 值

烟囱有效高度/m	强递减 $n=0.20$		弱递减或中性 $n=0.25$		中等逆温层 $n=0.33$		强逆温层 $n=0.50$	
	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x
0	0.42	0.24	0.24	0.14	0.15	0.09	0.12	0.07
10	0.42	0.24	0.24	0.14	0.15	0.09	0.12	0.07
25	0.24		0.14		0.09		0.07	
30	0.23		0.13		0.085		0.065	
45	0.21		0.12		0.075		0.06	
60	0.19		0.11		0.07		0.055	
75	0.18		0.10		0.065		0.05	
90	0.16		0.09		0.055		0.045	
105	0.13		0.07		0.045		0.035	

注：C_y、C_x 值根据大气稳定度参数 n 及烟囱有效高度 H_e 选取。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-54 生产的火灾危险性分类

生产类别	火灾危险性特征	生产类别	火灾危险性特征
甲	使用或产生下列物质的生产 ① 闪点＜28℃的液体 ② 爆炸下限＜10%的气体 ③ 常温下能自行分解或在空气中氧化即能导致迅速自燃或爆炸的物质 ④ 常温下受到水或空气中水蒸气的作用，能产生可燃气体并引起燃烧或爆炸的物质 ⑤ 遇酸、受热、撞击、摩擦、催化以及遇有机物或硫黄等易燃的无机物，极易引起燃烧或爆炸的强氧化剂 ⑥ 受撞击、摩擦或与氧化剂、有机物接触时能引起燃烧或爆炸的物质 ⑦ 在密闭设备内操作温度等于或超过物质本身自燃点的生产	乙	③ 不属于甲类的氧化剂 ④ 不属于甲类的化学易燃危险固体 ⑤ 助燃气体 ⑥ 能与空气形成爆炸性混合物的浮游状态的粉尘、纤维、闪点≥60℃的液体雾滴
乙	使用或产生下列物质的生产 ① 闪点≥28℃且＜60℃的液体 ② 爆炸下限≥10%的气体	丙	使用或产生下列物质的生产 ① 闪点≥60℃的液体 ② 可燃固体
		丁	具有下列情况： ① 对非燃烧物质进行加工，并在高热或熔化状态下经常产生强辐射热、火花或火焰的生产 ② 利用气体、液体、固体作为燃料或将气体、液体进行燃烧作其他用的各种生产 ③ 常温下使用或加工难燃烧物质的生产
		戊	常温下使用或加工非燃烧物质的生产

⑤ 排除、输送有燃烧爆炸危险混合物或气体、蒸气和粉尘的通风设备及风管，均应采取防静电接地措施，且不应采用容易积聚静电的绝缘材料制作。

⑥ 通风和空调系统送、回风管的防火阀及其感温、感烟控制元件的设备，应按国家现行的《建筑设计防火规范》和《高层民用建筑设计防火规范》执行。

⑦ 用于甲、乙类生产厂房的送风系统，可共用同一进风口，但应与丙、丁、戊类生产厂房及辅助建筑物的进风口分设。

⑧ 排除有爆炸危险的气体、蒸气和粉尘的局部排风系统，其风量应按在正常运行和事故情况下，风管内这些物质的浓度不大于爆炸下限的50%计算。

⑨ 排除有燃烧或爆炸危险物质的局部排风系统，其设备宜布置在生产厂房之外，如直接布置在所服务的房间或排风机室内，必须采取相应的防火防爆措施。

⑩ 甲、乙类生产厂房的全面和局部送、排风系统，以及其他建筑物排除有爆炸危险物质的局部排风系统，其设备不应布置在建筑物的地下室、半地下室内。

⑪ 排除有爆炸危险物质的局部排风系统，其干式除尘器和过滤器等，不得布置在经常有人或短时间有大量人员逗留房间（如休息室、会议室等）的下面；如同上述房间贴邻布置时，应用耐火极限不小于3h的实体墙隔开。

⑫ 直接布置在甲、乙类生产厂房内的全面和局部排风系统，以及直接布置在其他类生产厂房内的排除有爆炸危险物质的局部排风系统，其通风机和电动机及调节装置等均应采用防爆型的，且通风机和电动机应直联。

⑬ 用于甲、乙类生产厂房和其他类生产厂房排除有爆炸危险物质的排风系统，当其通风机和电动机等布置在单独的房间内时，通风机和电动机等亦应采用防爆型的，但通风机和电动机可采用三角胶带传动。当通风机和电动机露天布置时，通风机应采用防爆型，在非爆炸或火灾危险场所，电动机可采用封闭型。

⑭ 用于甲、乙类生产厂房的送风机及电动机等，当其布置在单独的通风机室内，且在送风干管上设有止回阀时，可采用普通型。布置在甲、乙类生产厂房内的送风管上的阀门应防爆。

⑮ 用于甲、乙类生产厂房的排风系统，以及排除有爆炸危险物质的局部排风系统，排风管应采用金属管道，并应直接通到室外的安全处，不应暗设，也不应布置在地下室或半地下室内。

⑯ 通风和空调系统的风管，应采用非燃烧材料制作，但接触腐蚀性气体的风管及挠性接头，可采用难燃烧材料制作。

⑰ 有爆炸危险的厂房内的排风管，严禁穿过防火墙和有爆炸危险的车间隔墙。

⑱ 排除有爆炸危险的气体和蒸汽混合物的局部排风系统，其正压段风管不得通过其他房间。

⑲ 下列情况之一的通风、空气调节系统的风管上应设置防火阀：

a. 穿越防火分区处；

b. 穿越通风、空气调节机房的房间隔墙和楼

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

板处；

c. 穿越重要的或火灾危险性大的房间隔墙和楼板处；

d. 穿越防火分隔处的变形缝两侧；

e. 垂直风管与每层水平风管交接处的水平管段上，但当建筑内每个防火分区的通风、空气调节系统均独立设置时，该防火分区内的水平风管与垂直总管的交接处可不设置防火阀。

⑳ 在风管穿过需要封闭的防火、防爆的墙体或楼板时，应设预埋管或防护套管，其钢板厚度不应小于1.6mm，风管与防护套管之间，应用不燃且对人体无危害的柔性材料封堵。

㉑ 可燃气体管道、可燃液体管道不得通过风管内腔，也不得沿风道的外壁敷设或穿过通风机室。

㉒ 热媒温度高于110℃的供热管道，不应穿过输送有爆炸危险物质或可燃物质的风管，也不得沿上述风管外壁敷设。

㉓ 排除和输送温度超过80℃的空气或其他气体以及易燃碎屑的管道，与可燃或难燃物体之间应保持不小于150mm的间隙，或采用厚度不小于50mm的不燃材料隔热。当管道互为上下布置时，表面温度较高者应布置在上面。

㉔ 通风和空调系统的保温材料、消声材料和胶黏剂等，应采用非燃或难燃材料。当风管内设有电加热器时，电加热器前后各0.8m范围内的风管和穿过设有火源等容易起火房间的风管，保温材料均应采用非燃烧材料。

㉕ 用于甲、乙类生产厂房的送风机室，应设不小于每小时2次换气的送风；排风机室应设排风量大于送风量和每小时至少1次换气的送排风，或仅设每小时至少1次换气的排风。

㉖ 排除含有燃烧和爆炸危险粉尘和碎屑的排风系统，应满足以下要求。

a. 除尘器、排风机应与其他普通型的风机、除尘器分开设置。

b. 除尘器、排风机宜按单一粉尘分组布置。

c. 对于遇水可能形成爆炸的粉尘，严禁采用湿式除尘器。

d. 排风应经过不产生火花的除尘设备净化后进入排风机。

e. 除尘器、过滤器、管道，均应设置泄压装置。

f. 干式除尘器和过滤器应布置在系统的负压段上。

(3) 正压通风系统设计的特殊要求

① 设置在爆炸危险场所的非防爆类型的电控设备，专用建筑（如分板器室）或直接安装在爆炸危险车间内的正压型电气设备应设计正压通风。

② 在爆炸危险场所使用非防爆型电气设备的建筑，正压通风的正压值应为30～50Pa。

对于使用正压型电气设备的送风系统送风正压值不低于50Pa。

对于爆炸危险气体有可能扩散到的非爆炸危险区的建筑物，该建筑物有产生电火花的可能时，应设计维持不低于10Pa的正压送风。

③ 要求正压送风的房间；送风量应取以下各项中的大值。

a. 维持室内正压数值所需风量。

b. 保证室内人员每人不小于30m³/h所需新风量。

④ 为正压室及正压型电气设备送风的采气口应设在爆炸危险区以外，距防爆区边界至少1m。进风应是清洁的。

⑤ 正压送风系统应设置备用风机，且所有风机应能自动切换。其供电负荷等级应与工艺供电等级相同。

⑥ 正压室不应设置可开启的外窗以及与室外直接相通的外门，应设计门斗或门廊。内、外门均应为密闭型的，并应保证两道门不同时开启，同时门斗或门廊内应保持不低于10Pa的正压。与爆炸危险装置相邻的墙上不应设置可开启窗。室内管线穿孔应密封，管沟应填塞密实。

⑦ 正压通风系统应与正压室内电气设备联锁。电气设备运行前必须先通风，待室内正压值稳定后方可投入运行。正压通风设备必须待其他电气设备完全关闭后方可关闭。

⑧ 正压室内应设正压指示仪表和失压报警装置，且与正压通风系统联锁。当室内正压值低于25Pa持续1min后，应发出报警信号，并使备用通风机自动投入运行。

(4) 事故通风系统设计的特殊要求

① 车间内空气中，可能突然放散大量有害气体或爆炸危险气体时，应设事故排风装置。

② 事故排风的风量应根据工艺所提供的资料计算确定，当缺乏上述资料时，应按每小时不小于厂房总体积的12次换气量确定。

③ 事故排风可由经常使用的排风系统和事故排风系统共同保证。

④ 事故排风的吸风口应设在有害气体或爆炸危险物质散发量可能最大的地点。

a. 位于房间上部的吸风口，用于排除比空气轻的可燃气体或蒸气（含氢气时除外）时，其上缘距顶棚或屋顶平面的距离不大于0.4m；

b. 用于排除氢气与空气的混合物时，吸风口上缘距顶棚或屋顶平面的距离不大于0.1m；

c. 位于房间下部区域的吸风口，其下缘距地板间距不大于0.3m；

d. 因建筑物结构造成有爆炸危险气体排出的死角处，应设置导流设施。

⑤ 事故排风的排风口，不应布置在人员经常

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

停留或通行的地点；并距机械送风进风口20m以上，当水平距离不足20m时，必须高出进风口6m以上。如排放的空气中含有可燃气体和蒸气时，事故排风系统的排风口应距可能火花散发地点20m以外。排风口不得朝向室外空气动力阴影区和正压区。

在符合上述规定的情况下，也可在外墙或外窗上设置轴流通风机向室外排风，但应采取防气流短路的措施。

⑥ 当正常通风量已满足事故通风量时，不需要另设事故通风系统，但正常通风系统应增设备用通风机。

⑦ 对于放散剧毒或爆炸危险性物质的厂房，当设置可燃或有害气体检测、报警装置时，事故通风系统宜与其联锁启动。事故通风系统的供电负荷等级，应由工艺设计确定。

⑧ 事故通风机应分别在室内、室外便于操作的地点设置手动开关。

⑨ 放散剧毒物质的厂房，不应设置事故排风，当必须设置时，应采取净化措施或高排气筒排放，使其有害物质含量符合排放标准。

⑩ 设有全淹没气体灭火系统的房间，应设置事故排风系统，并应符合下列要求：

a. 吸风口下缘与地面距离不宜大于0.3m；

b. 排风量应根据灭火剂种类和要求通风稀释时间经计算确定，但不小于每小时4次换气；

c. 排风总管上应设与排风机的开停而相应启闭的阀门。

⑪ 事故通风系统的设备选择和管道设计应符合防火防爆规定。

2.3.5 防烟与排烟

(1) 一般规定

① 建筑中的防烟可采用机械加压送风防烟方式或可开启外窗的自然排烟方式。

建筑中的排烟可采用机械排烟方式或可开启外窗的自然排烟方式。

② 防烟楼梯间及其前室、消防电梯间前室或合用前室应设置防烟设施。

③ 下列场所应设置排烟设施：

a. 丙类厂房中建筑面积大于300m² 的地上房间；人员、可燃物较多的丙类厂房或高度大于32m的高层厂房中长度大于20m的内走道；任一层建筑面积大于5000m² 的丁类厂房；

b. 占地面积大于1000m² 的丙类仓库；

c. 公共建筑中经常有人停留或可燃物较多，且建筑面积大于300m² 的地上房间；公共建筑中长度大于20m的内走道；

d. 总建筑面积大于200m² 或一个房间建筑面积大于50m² 且经常有人停留或可燃物较多的地下、半地下建筑或地下室、半地下室；

e. 其他建筑中地上长度大于40m的疏散走道。

④ 机械排烟系统与通风、空气调节系统宜分开设置。当合用时，必须采取可靠的防火安全措施，并应符合机械排烟系统的有关要求。

⑤ 防烟与排烟系统中的管道、风口及阀门等必须采用不燃材料制作。排烟管道应采取隔热防火措施或与可燃物保持不小于150mm的距离。

排烟管道的厚度应按现行国家标准《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243的有关规定执行。

⑥ 机械加压送风管道、排烟管道和补风管道内的风速应符合下列规定：

a. 采用金属管道时，不宜大于20m/s；

b. 采用非金属管道时，不宜大于15m/s。

(2) 自然排烟

① 下列场所宜设置自然排烟设施：

a. 按本节(1)规定应设置排烟设施且具备自然排烟条件的场所；

b. 除建筑高度超过50m的厂房(仓库)外，按本节(1)②条规定应设置防烟设施且具备自然排烟条件的场所。

② 设置自然排烟设施的场所，其自然排烟口的净面积应符合下列规定：

a. 防烟楼梯间前室、消防电梯间前室，不应小于2.0m²；合用前室，不应小于3.0m²；

b. 靠外墙的防烟楼梯间，每5层内可开启排烟窗的总面积不应小于2.0m²；

c. 其他场所，宜取该场所建筑面积的2%～5%。

③ 当防烟楼梯间前室、合用前室采用敞开的阳台、凹廊进行防烟，或前室、合用前室内有不同朝向且开口面积符合本节(2)②条规定的可开启外窗时，该防烟楼梯间可不设置防烟设施。

④ 作为自然排烟的窗口宜设置在房间的外墙上方或屋顶上，并应有方便开启的装置。自然排烟口距该防烟分区最远点的水平距离不应超过30m。

(3) 机械防烟

① 下列场所应设置机械加压送风防烟设施：

a. 不具备自然排烟条件的防烟楼梯间；

b. 不具备自然排烟条件的消防电梯间前室或合用前室；

c. 设置自然排烟设施的防烟楼梯间，其不具备自然排烟条件的前室。

② 机械加压送风防烟系统的加压送风量应经计算确定。当计算结果与表31-55的规定不一致时，应采用较大值。

③ 防烟楼梯间内机械加压送风防烟系统的余压值应为40～50Pa；前室、合用前室应为25～30Pa。

④ 防烟楼梯间和合用前室的机械加压送风防烟系统宜分别独立设置。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-55 最小机械加压送风量

条件和部位		加压送风量/(m³/h)
前室不送风的防烟楼梯间		25000
防烟楼梯间及其合用前室分别加压送风	防烟楼梯间	16000
	合用前室	13000
消防电梯间前室		15000
防烟楼梯间采用自然排烟，前室或合用前室加压送风		22000

注：表内风量数值系按开启宽×高＝1.5m×2.1m 的双扇门为基础的计算值。当采用单扇门时，其风量宜按表列数值乘以 0.75 确定；当前室有 2 个或 2 个以上门时，其风量应按表列数值乘以 1.50～1.75 确定。开启门时，通过门的风速不应小于 0.70m/s。

⑤ 防烟楼梯间的前室或合用前室的加压送风口应每层设置 1 个。防烟楼梯间的加压送风口宜每隔 2～3 层设置 1 个。

⑥ 机械加压送风防烟系统中送风口的风速不宜大于 7m/s。

⑦ 高层厂房（仓库）的机械防烟系统的其他设计要求应按现行国家标准《高层民用建筑设计防火规范》GB 50045 的有关规定执行。

(4) 机械排烟

① 设置排烟设施的场所当不具备自然排烟条件时，应设置机械排烟设施。

② 需设置机械排烟设施且室内净高小于等于 6m 的场所应划分防烟分区；每个防烟分区的建筑面积不宜超过 500m²，防烟分区不应跨越防火分区。

防烟分区宜采用隔墙、顶棚下凸出不小于 500mm 的结构梁以及顶棚或吊顶下凸出不小于 500mm 的不燃烧体等进行分隔。

③ 机械排烟系统的设置应符合下列规定：

a. 横向宜按防火分区设置；

b. 竖向穿越防火分区时，垂直排烟管道宜设置在管井内；

c. 穿越防火分区的排烟管道应在穿越处设置排烟防火阀。排烟防火阀应符合现行国家标准《排烟防火阀的试验方法》GB 15931 的有关规定。

④ 在地下建筑和地上密闭场所中设置机械排烟系统时，应同时设置补风系统。当设置机械补风系统时，其补风量不宜小于排烟量的 50%。

⑤ 机械排烟系统的排烟量不应小于表 31-56 的规定。

⑥ 机械排烟系统中的排烟口、排烟阀和排烟防火阀的设置应符合下列规定。

a. 排烟口或排烟阀应按防烟分区设置。排烟口或排烟阀应与排烟风机联锁，当任一排烟口或排烟阀开启时，排烟风机应能自行启动。

表 31-56 机械排烟系统的最小排烟量

条件和部位		单位排烟量/[m³/(h·m²)]	换气次数/(次/h)	备注
担负 1 个防烟分区室内净高大于 6m 且不划分防烟分区的空间		60	—	单台风机排烟量不应小于 7200m³/h
担负 2 个及 2 个以上防烟分区		120	—	应按最大的防烟分区面积确定
中庭	体积小于等于 17000m³	—	6	体积大于 17000m³ 时，排烟量不应小于 102000m³/h
	体积大于 17000m³	—	4	

b. 排烟口或排烟阀平时为关闭时，应设置手动和自动开启装置。

c. 排烟口应设置在顶棚或靠近顶棚的墙面上，且与附近安全出口沿走道方向相邻边缘之间的最小水平距离不应小于 1.5m。设在顶棚上的排烟口，距可燃构件或可燃物的距离不应小于 1.0m。

d. 设置机械排烟系统的地下、半地下场所，除歌舞娱乐、放映游艺场所和建筑面积大于 50m² 的房间外，排烟口可设置在疏散走道。

e. 防烟分区内的排烟口距最远点的水平距离不应超过 30m；排烟支管上应设置当烟气温度超过 280℃时能自行关闭的排烟防火阀。

f. 排烟口的风速不宜大于 10m/s。

⑦ 机械加压送风防烟系统和排烟补风系统的室外进风口宜布置在室外排烟口的下方，且高差不宜小于 3.0m；当水平布置时，水平距离不宜小于 10m。

⑧ 排烟风机的设置应符合下列规定：

a. 排烟风机的全压应满足排烟系统最不利环路的要求，其排烟量应考虑 10%～20%的漏风量；

b. 排烟风机可采用离心风机或排烟专用的轴流风机；

c. 排烟风机应能在 280℃的环境条件下连续工作不少于 30min；

d. 在排烟风机入口处的总管上应设置当烟气温度超过 280℃时能自行关闭的排烟防火阀，该阀应与排烟风机联锁，当该阀关闭时，排烟风机应能停止运转。

⑨ 当排烟风机及系统中设置有软接头时，该软接头应能在 280℃的环境条件下连续工作不少于 30min。排烟风机和用于排烟补风的送风风机宜设置在通风机房内。

2.3.6 通风管道和通风机

(1) 通风管道的规格（见表 31-57、表 31-58）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-57　圆形风管直径　/mm

基本系列	辅助系列	基本系列	辅助系列	基本系列	辅助系列
100	80 90	320	300	630	600
120	110	1120	1060	700	670
140	130	1250	1180	800	750
160	150	1400	1320	900	850
180	170	360	340	1000	950
200	190	400	380	1600	1500
220	210	450	420	1800	1700
250	240	500	480	2000	1900
280	260	560	530		

表 31-58　矩形风管边长　/mm

120	320	800	2000	4000
160	400	1000	2500	
200	500	1250	3000	
250	630	1600	3500	

(2) 通风管道计算

通风管道宜采用圆形或长、短边之比不大于 4 的矩形截面，金属风管管径应为外径或外边长；非金属风管应为内径或内边长。

① 风量 L

圆形风管

$$L=3600\frac{\pi}{4}D^2v\ \mathrm{m^3/h} \qquad (31\text{-}63)$$

矩形风管

$$L=3600abv\ \mathrm{m^3/h} \qquad (31\text{-}64)$$

式中　D——风管直径，m；

a——矩形风管短边尺寸，m；

b——矩形风管长边尺寸，m；

v——风速，m/s。

一般通风系统常用流速见表 31-59。

② 通风管道阻力　通风管道阻力由摩擦阻力和局部阻力两部分组成，详细计算方法可参阅《实用供热空调设计手册》第八章（中国建筑工业出版社，1993 年）。

(3) 风道设计注意事项

① 系统中各并联支管之间的压力损失应尽量作到平衡，各节点压力不平衡率应不大于 15%，除尘系统不大于 10%。

② 除尘风管应采用圆形钢制风管，倾斜敷设时，与水平面夹角应大于 45°；小坡度或水平管段应尽量缩短，并应采取防积尘措施。

③ 根据使用要求，选用不同的风管材料。常用风管材料有薄钢板、不锈钢板、铝板、硬聚氯乙烯板、玻璃钢等。

a. 钢板风管　当钢板厚度小于或等于 1.2mm 时可采用咬接，大于 1.2mm 时可采用焊接；翻边对焊宜采用气焊。镀锌钢板制作风管和配件，应采用咬接或铆接。风管及配件钢板厚度见表 31-60。

b. 硬聚氯乙烯塑料风管　适用于输送腐蚀性气体，气体温度或环境温度为 −20～+60℃，不宜安装在有强烈辐射热的地方，否则应有隔热措施。管道接缝全部采用焊接。当风管直管段较长时，每隔 15～20m 必须设置伸缩节，以考虑直管段伸缩的影响。与直管段相连的支管上宜设置柔性接管，风管与有振动设备或通风机相接处必须设置柔性接管。

④ 风管系统按其系统的工作压力划分为三个类别，其类别划分应符合表 31-61 的规定。

表 31-59　一般通风系统常用流速　/(m/s)

风管名称	辅助建筑物		工业厂房机械通风	
	自然通风	机械通风	钢板及非金属风道	砖、混凝土等风道
干管	0.5～1.0	5～8	6～14	4～12
支管	0.5～0.7	2～5	2～8	2～6

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-60 钢板风管板材厚度 /mm

类别 / 风管直径 D 或长边尺寸 b	圆形风管	矩形风管		除尘系统风管
		中、低压系统	高压系统	
$D(b)\leqslant 320$	0.5	0.5	0.75	1.5
$320<D(b)\leqslant 450$	0.6	0.6	0.75	1.5
$450<D(b)\leqslant 630$	0.75	0.6	0.75	2.0
$630<D(b)\leqslant 1000$	0.75	0.75	1.0	2.0
$1000<D(b)\leqslant 1250$	1.0	1.0	1.0	2.0
$1250<D(b)\leqslant 2000$	1.2	1.0	1.2	按设计
$2000<D(b)\leqslant 4000$	按设计	1.2	按设计	

注：1. 螺旋风管的钢板厚度可适当减小 10%～15%。

2. 排烟系统风管钢板厚度可按高压系统。

3. 特殊除尘系统风管钢板厚度应符合设计要求。

4. 不适用于地下人防与防火隔墙的预埋管。

表 31-61 风管系统类别划分

系统类别	系统工作压力 p/Pa	密封要求
低压系统	$p\leqslant 500$	接缝和接管连接处严密
中压系统	$500<p\leqslant 1500$	接缝和接管连接处增加密封措施
高压系统	$p>1500$	所有的拼接缝和接管连接处，均应采取密封措施

(4) 风管的连接

风管与风管之间的连接方式有法兰连接、焊接和咬接等几种。为了保证法兰连接的密封性，在两个法兰间放入衬垫，衬垫厚度为 3～5mm。衬垫材料应根据所输送气体的性质和温度选用：输送空气温度低于 70℃的风管，应用橡胶板或闭孔海绵橡胶板等；输送空气或烟气温度高于 70℃的风管，应用石棉橡胶板等；输送含有腐蚀性介质气体的风管，应用耐酸橡胶板或软聚氯乙烯板等；输送产生凝结水或含有蒸汽的潮湿空气的风管，应用橡胶板或闭孔海绵橡胶板；除尘系统的风管，应用橡胶板。风管法兰材料规格见表 31-62 和表 31-63。

(5) 不保温风管支、吊、托架间距，如无设计要求，应按以下规定

① 风管水平安装，直径或长边尺寸小于等于 400mm，间距不应大于 4m；大于 400mm，不应大于 3m。螺旋风管的支、吊架间距可分别延长至 5m 和 3.75m；对于薄钢板法兰的风管，其支、吊架间距不应大于 3m。

② 风管垂直安装，间距不应大于 4m，单根直管至少应有 2 个固定点。

表 31-62 金属圆形风管法兰及螺栓规格/mm

风管直径 D	法兰材料规格		螺栓规格
	扁钢	角钢	
$D\leqslant 140$	20×4	—	M6
$140<D\leqslant 280$	25×4	—	
$280<D\leqslant 630$	—	25×3	
$630<D\leqslant 1250$	—	30×4	M8
$1250<D\leqslant 2000$	—	40×4	

表 31-63 金属矩形风管法兰及螺栓规格/mm

风管长边尺寸 b	法兰材料规格(角钢)	螺栓规格
$b\leqslant 630$	25×3	M6
$630<b\leqslant 1500$	30×3	M8
$1500<b\leqslant 2500$	40×4	
$2500<b\leqslant 4000$	50×5	M10

(6) 通风机的选择

一般通风工程中所用的通风机，按其作用原理，可分为离心式和轴流式两种。

① 常用通风机的技术性能（见表 31-64）。

② 通风机性能参数的关系式（见表 31-65）。

风机性能一般均指在标准状况下的风机性能。所谓标准状况系指大气压力 $p=1013$hPa，大气温度 $t=20$℃，相对湿度 $\varphi=50\%$时的空气状态。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-64 通风机技术性能和主要用途

类别	型号	名称	风压范围/Pa	风量范围/(m^3/h)	功率范围/kW	输送介质最高允许温度 t/℃	主要用途
一般离心通风机	SYQS、SYDS	离心通风机	450～3250	1250～4000	0.18～32	≤80	一般厂房通风换气
	4-72	离心通风机	200～3157	844～221730	1.5～210	≤80	
	T4-72	离心通风机	180～3000	794～79015	0.75～75	≤80	
	4-79	离心通风机	180～2394	990～226500	0.75～132	≤80	
	4-68	离心通风机	167～2370	565～239654	0.55～245	≤80	
	11-62	低噪声离心通风机	370～640	4000～11000	0.8～4.0	≤80	
离心通风机	SYD、SYT	离心通风机	87～3500	900～100000	0.05～160	≤80	空气处理机组风机箱
	KDF，KTF	离心通风机	234～2471	4212～134344	1.5～160		
	YDW-11	低噪声空调通风机	120～746	750～31204	0.18～35		
	YDW-12		91～1809	693～88372	0.18～75		
排尘离心通风机	C4-73	排尘离心通风机	300～400	1725～19350	0.8～22		输送含有尘埃、细碎纤维、木质杂屑等气体的专用设备
	C6-43	排尘离心通风机	500～1820	1000～42725	0.75～37		
防爆离心通风机	B4-72	防爆离心通风机	200～3240	844～221730	1.5～210	≤80	用于产生易燃挥发性气体厂房的通风换气
	B4-68		167～2370	565～239654	0.55～245		
高压离心通风机	9-19	离心通风机	2740～15960	696～63305	2.2～410	≤80	一般锻冶炉及高压强制通风用
	9-26	离心通风机	3400～16240	3630～121340			
塑料离心通风机	4-72	塑料离心通风机	90～1560	395～18560	0.55～5.5	≤50	用于排送腐蚀性气体
玻璃钢离心风机	YHF	离心风机	42～1700	120～7000	5～9	耐高温	防腐蚀
	4-68	离心风机	170～2370	1131～239654	0.55～245	≤50	用于排送腐蚀性气体
	4-72	离心风机	170～1560	1350～41289	0.55～45		
轴流通风机	T35-11，	轴流通风机	37～1200	826～100000	0.12～45	≤60	一般厂房换气通风
	DWT	屋顶轴流风机	72～210	878～220800	0.37～18.5		
	SF	低噪声轴流风机	98～343	4100～23000	0.25～2.2		用于含有可燃性气体场所的换气通风
	BT35-11	防爆轴流通风机	31～244	743～16400	0.12～2.2		
	BDWT	防爆屋顶风机	72～210	878～220800	0.37～18.5		
轴流喷雾风机	LF38	喷雾风机		15000～20800	2.2～3.0		高温车间局部吹风降温
	LF30	移动式降温风机	射程(m) 7	8600	1.1		
	LF30-I		射程(m) 10	13000	3.0		
	LF35-I	移动式喷雾风机	射程(m) 12	8600	0.8		
			射程(m) 20	13000	1.5		
	PW50-11	喷雾降温风机	20～50	10000～40000	2.2～7.5		
射流风机	JFUO	射流风机		3312～9468	0.55～2.4	≤40(300)	地下停车库
无蜗壳风机	SYW	离心式	110～2400	800～65000	0.04～50	≤80	空调箱
轴流喷雾风机	LF38	喷雾风机		15000～20800	2.2～3.0		高温车间局部吹风降温
	LF30	移动式降温风机	射程(m) 7	8600	1.1		
	LF30-I		射程(m) 10	13000	3.0		
	LF35-I	移动式喷雾风机	射程(m) 12	8600	0.8		
			射程(m) 20	13000	1.5		
	PW50-11	喷雾降温风机	20～50	10000～40000	2.2～7.5		
管道风机	GXF	斜流式通风机	185～2500	3000～90000	0.37～55	≤80	一般厂房换气通风
	SJG	斜流式通风机	160～1290	926～31600	0.09～5.5		
	SWF	混流式通风机	143～1120	5053～76280	0.55～30		
	YGE GDF(GF)	管道离心通风机(消音型)	89～1000	178～6000	0.04～4.5		高温排烟场所B式消防通风两用
	XGF、HTF	高温排烟风机	188～623	3410～93800	2.5～25	100～400	
	DGLF	低噪声柜式离心通风机	208～1000	900～95700	0.37～75		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

类别	型号	名 称	风压范围/Pa	风量范围/(m^3/h)	功率范围/kW	输送介质最高允许温度 t/℃	主要用途
排气扇		排气扇		60～3900	18～850W	≤40	一般车间、仓库排气
空气幕	FM	空气幕		600～2000			出入口隔离室内外空气流动

表 31-65 通风机性能参数关系式

改变容重 γ、转数 n 时的换算公式	改变转数 n、大气压力 p、气体温度 t 时的换算公式
$\frac{L_1}{L_0}=\frac{n_1}{n_2}$	$\frac{L_1}{L_2}=\frac{n_1}{n_2}$
$\frac{H_{q1}}{H_{q2}}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	$\frac{H_{q1}}{H_{q2}}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3\left(\frac{p_1}{p_2}\right)\left(\frac{273+t_2}{273+t_1}\right)$
$\frac{N_1}{N_2}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	$\frac{N_1}{N_2}=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3\left(\frac{p_1}{p_2}\right)\left(\frac{273+t_2}{273+t_1}\right)$
$\eta_1=\eta_2$	$\eta_1=\eta_2$

注：L—风量，m^3/h；H_q—全压，Pa；N—轴功率，kW；n—转数，r/min；η—全压效率；t—温度，℃；p—大气压力，hPa；γ—容量，kg/m^3；下角1，2—表示已知性能数和所求数。

③ 电动机的轴功率 排送空气时电动机的轴功率按式（31-65）计算。

$$N=\frac{LH_q}{\eta\eta_{sT}3600}K \text{ W} \qquad (31\text{-}65)$$

式中 η_{sT}——机械效率，可取 0.95～1.0；

K——电动机容量安全系数，可取 1.15～1.5。

④ 通风机选择注意事项

a. 选取时应尽量采用同一型号中效率最高、耗电量最小、价格便宜的通风机。由于管道系统连接不够严密，造成漏风现象，计算系统的空气量及压力损失时应考虑必要的安全系数（见下表）。

系 统	附加漏风量	附加管道压力损失
一般送、排风系统	5%～10%	10%～15%(定转速通风机) 15%～20%(变频转速通风机)
除尘系统	10%～15%	15%～20%

b. 风机的选用设计工况效率，不应低于风机最高效率的 90%。

c. 如通风机的使用工况（即温度、大气压力、介质容重等）为非标准状况时，选择通风机所产生的风压、风量和轴功率等均应按表 31-65 中有关公式进行换算。

d. 通风机在并联或串联工作时，通风机的性能会有所降低，因此设计时应尽量不采用。采用时应选用同型号和同性能的通风机。

通风机并联使用时，其压力必须能克服相应流量通过管网时的阻力损失，否则由于管网阻力过大，不仅不能起到增加流量的作用，反而可能妨碍另一台风机正常工作。

通风机串联使用时，在流量不变的情况下可增高系统的压力，适宜在阻力较大的管路中工作。第一级通风机到第二级通风机间应有一定的管长。

e. 通风系统的离心式通风机，当其配用的电动机功率小于或等于 75kW 时，可不装设仅为启动用的阀门。

⑤ 通风机的外形、安装尺寸及技术性能详见有关产品样本。

⑥ 属于下列情况之一时，应设置能自动切换的备用通风机，并且在控制室、操作室或工作地点设置通风机运行状态显示信号：

a. 放散极毒物质厂房的局部排风和全面排风系统；

b. 排除空气中含有剧毒物质的局部排风系统。

⑦ 排除空气中含有极毒、剧毒物质的排风系统的供电负荷等级应与工艺等级相同。

2.4 除尘

气体中的含尘浓度和排放标准，都是用单位体积空气中所含粉尘的质量表示。在除尘系统设计时，被处理气体的起始含尘浓度和排放标准是确定除尘系统要求的除尘效率的计算依据。表 31-66 列举了工艺设备的起始浓度，表 31-67 摘录了《工业“三废”排放标准》中烟尘及生产粉尘的排放标准，其中生产粉尘分为两类：第一类指含 10%以上的游离 SiO_2、玻璃棉和矿棉粉尘、铝化物粉尘；第二类指含 10%以下的游离 SiO_2 的煤尘及其他粉尘。

局部排风系统排出的有害气体，当其有害物质的含量超过排放标准时，应采取有效净化措施。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-66　工艺设备内抽出空气含尘的参考数据

序号	工艺设备	粉尘类别	含尘浓度/(mg/m³)	粉尘粒径/μm					
				0～5	5～10	10～20	20～40	40～60	>60
1	磨料分级筛	碳化硅	850～1500	1.86	2.40	14.66	53.84	26.10	1.14
2	工具磨床	磨料、铁屑	100～300	13.04	12.06	22.80	22.92	21.74	7.44
3	球磨机煤粉锅炉	灰分	20000～26000	—	25.60	24.50	23.00	11.90	15.00
4	圆磨机煤粉锅炉	灰分	27000～50000	—	10.70	11.20	21.81	15.20	41.16
5	水泥磨	水泥	40000～45000	7.60	9.02	23.10	22.60	15.14	22.54
6	螺旋输送机	陶土	650～850	22.10	18.02	30.90	23.37	4.09	1.50
7	电炉	锰铁合金	900～1200	2.32	1.00	20.00	47.70	10.35	18.63
	电炉	硅铁合金	<150	0.50	10.00	41.38	48.05	0.64	0.03
	电炉	电石(石灰、煤)	9500～11500	55.30	17.80	14.60	7.30	5.00	—
8	球磨机	煤	9500～11500	72.30		19.20		4.30	4.20
9	喷砂室 $10m^3$	砂	4000～6000	6.00	12.00	6.80	32.80	8.40	34.00
	$2m^3$	砂	6000～10000	5.80	8.50	7.90	15.90	15.80	46.10
10	石棉梳棉机	石棉、尘土	72～225	0～6	3～10	10～24	>24		
				4.60	37.40	52.70	5.30		

表 31-67　烟尘和生产性粉尘的排放标准

有害物名称	排放有害物企业、地区	排放标准		
		排气筒高度/m	排放量/(kg/h)	排放浓度/(mg/m³)
烟尘	电站(煤粉)	30 45 60 80 100 120 150	82 170 310 650 1200 1700 2400	
烟尘及生产性粉尘	炼钢电炉			200
	炼钢转炉			
	(小于 12t)			200
	(大于 12t)			150
	水泥			150
	生产性粉尘			
	(第一类)			100
	(第二类)			150
生产用、采暖用、生活用锅炉烟尘①	一类地区：自然保护区、风景游览区、疗养区、名胜古迹区、重要建筑物周围			200
	二类地区：市区、郊区、工业区、县以上城镇			400
	三类地区：其他地区			600

① 摘自锅炉烟尘排放标准 GB 3841—1983。

作为除尘对象，其粉尘粒径通常在 0.1～100μm 范围内。

放散粉尘的生产过程，当湿法防尘不致影响生产和改变物料性质时，可采用湿法防尘措施。

工艺允许时，放散粉尘的设备应尽量采用密闭措施。防尘密闭罩可减少粉尘散逸，是控制扬尘的一个重要手段。为了防止密闭罩内的粉尘外逸，必须保持罩内有一定的负压值，所以密闭罩内应有适当的排风量，以保证罩子的不严密处均匀地吸入气流。当因工艺或操作要求不可能设置密闭罩时，侧面可采用局部排风罩，局部排风罩排风量的计算可见 2.3.1 局部排风章节。

2.4.1　防尘密闭罩排风量的确定

物料落至皮带运输机或工艺设备时，排风量可按下式计算：

$$L=L_1+L_2$$

式中　L——工艺设备的排风量，m^3/h；

L_1——随物料带进的空气量，m^3/h；

L_2——为使罩内形成一定的负压而由不严密处吸入的空气量，m^3/h。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

$$L_2 = 3600 A v_a$$

式中 A——密闭罩不严密处的缝隙面积，m^2；

v_a——密闭罩不严密处的缝隙风速，m/s。

密闭罩吸风口的平均风速，不宜大于下列数值：

细粉料的筛分 0.6m/s

物料粉碎 2.0m/s

粗颗粒物料粉碎 3.0m/s

2.4.2 除尘风管

除尘系统的排风量，应按其全部吸风点同时工作计算。有非同时工作吸风点时，系统的排风量可按同时工作的吸风点的排风量与非同时工作吸风点排风量的15%～20%之和确定，并应在各间歇工作的吸风点上装设与工艺设备联锁的阀门。

(1) 除尘风管的设计

① 除尘风管采用枝状或集合管式。集合管有水平、垂直两种型式（见图31-20，图31-21）。水平集合管内风速取3～4m/s，垂直集合管取6～10m/s。枝状除尘风管宜垂直或倾斜布置，必须水平布置时，风管不宜过长，且风速必须大于规定的最小风速（见表31-68）。

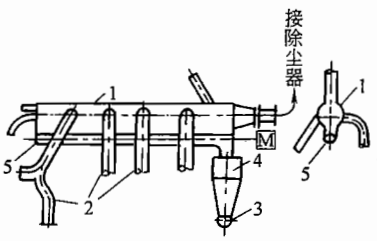


图31-20 水平集合管

1—集合管；2—支风管；3—泄尘阀；4—集尘箱；5—螺旋输送机

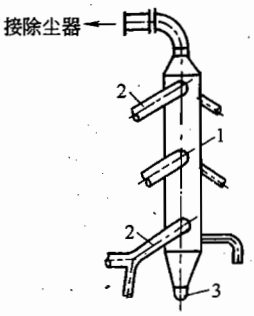


图31-21 垂直集合管

1—集合管；2—支风管；3—泄尘阀

② 除尘风管宜明设，尽量避免地沟内敷设。

③ 为清扫方便，在风管的适当部位应设清扫口。

④ 支风管应尽量从侧面或上部与主风管连接。三通的夹角一般取15°～30°。

⑤ 除尘器后风速以8～10m/s为宜。

⑥ 有可能发生静电积聚的除尘风管应设计接地措施。

⑦ 各支风管之间的不平衡压力差应小于10%。

⑧ 吸风点较多时，除尘系统的各支管段，宜设置调节阀。

(2) 除尘风管压力平衡计算

$$d_H = d_Q \left(\frac{\Delta p_C}{\Delta p_H} \right)^{0.225} \qquad (31\text{-}66)$$

式中 d_Q，d_H——调整前后的管径，mm；

Δp_C，Δp_H——调整前后的压力损失，Pa。

2.4.3 除尘设备

(1) 除尘器选择时的注意事项

① 含尘气体的化学成分、腐蚀性、温度、湿度、流量及含尘浓度。

表31-68 除尘风管的最小风速 /(m/s)

粉尘类别	粉尘名称	垂直风管	水平风管	粉尘类别	粉尘名称	垂直风管	水平风管
纤维粉尘	干锯末、小刨屑、纺织尘	10	12	矿物粉尘	轻矿物粉尘	12	14
	木屑、刨花	12	14		灰土、砂尘	16	18
	干燥粗刨花、大块干木屑	14	15		干细型砂	17	20
	潮湿粗刨花、大块湿木屑	18	20		金刚砂、刚玉粉	15	19
	棉絮	8	10	金属粉尘	钢铁粉尘	13	15
	麻	11	13		钢铁屑	19	23
矿物粉尘	耐火材料粉尘	14	17		铅尘	20	25
	黏土	13	16	其他粉尘	轻质干燥尘末(木加工磨床粉尘、烟草灰)	8	10
	石灰石	14	16		煤尘	11	13
	水泥	12	18		焦炭粉尘	14	18
	湿土(含水2%以下)	15	18		谷物粉尘	10	12
	重矿物粉尘	14	16				

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 粉尘的化学成分、密度、粒径分布、腐蚀性、吸水性、硬度、比电阻、黏性、纤维性、可燃性及爆炸性等。

③ 净化气体的排放标准（见表31-67）。

④ 除尘器的分级效率、总效率及压力损失。

⑤ 粉尘的回收价值及回收利用形式。

⑥ 维护管理的繁简程度。

⑦ 各种除尘器的性能及能耗指标（见表31-69）。

(2) 除尘器效率

一级除尘 $$\eta=\frac{g_1-g_2}{g_1}\times 100\% \qquad (31\text{-}67)$$

式中 g_1——除尘器入口气体的含尘浓度，mg/m^3；

g_2——除尘器出口气体的含尘浓度，mg/m^3。

二级除尘 $$\eta_{1-2}=\eta_1+(1-\eta_1)\eta_2 \qquad (31\text{-}68)$$

式中 η_1，η_2——第一、二级除尘器效率，%。

各种除尘器的除尘效率，可参见表31-70。

(3) 旋风除尘器的选用

① 旋风除尘器除尘效率，参见表31-70。

② 适用于净化密度大和粒径大于5μm的粉尘。

③ 性能相同的旋风除尘器一般不宜两级串联。

④ 为避免堵塞，不适用于净化黏性强的粉尘。当处理高温和高湿的含尘气体时，应防止结露。

(4) 袋式除尘器的选用

① 袋式除尘器除尘效率高，对微细粉尘效率可达99%以上。

② 不宜净化含有油雾、凝结水和粉尘黏度大的含尘气体，以及有爆炸危险或带有火花的烟气。

③ 当含尘浓度大于$10g/m^3$时，宜增设预净化除尘器。

④ 袋式除尘器推荐的过滤风速，见表31-71。

(5) 湿式除尘器的选用

① 除尘效率高，对细粉尘也有很高的效率。

② 不宜用于疏水性及水硬性粉尘的净化。

③ 对产生的污水应有妥善处理措施。

④ 寒冷地区需注意采取防冻措施。

(6) 电除尘器的选用

① 电除尘器适用于捕集比电阻$10^4\sim5\times10^{10}\Omega/cm$范围内的粉尘。

② 根据入口含尘浓度（一般不大于30～40g/m^3）和出口含尘浓度按式（31-67）计算所要求的除尘效率。

③ 确定尘粒的有效驱进速度，参见表31-72。

④ 根据所要求的除尘效率和有效驱进速度，按式（31-69）求出比表面积。

$$\eta=1-e^{-vf} \qquad (31\text{-}69)$$

式中 η——所要求的除尘效率，%；

v——尘粒的有效驱进速度，m/s；

f——比表面积，$(m^2\cdot s)/m^3$。

⑤ 由比表面积和处理风量计算尘板总面积F（m^2），选定型号。

$$F=Qf$$

式中 Q——除尘器要求的处理风量，m^3/s；

f——比表面积，$(m^2\cdot s)/m^3$。

表31-69 各种除尘器的性能和能耗指标

类 型	除尘效率/%	最小捕集粒径/μm	压力损失/Pa	能 耗/(kJ/m³)
重力沉降室	<50	50～10	50～120	
惯性除尘器	50～70	20～50	300～800	
通用型旋风除尘器	60～85	20～40	400～800	0.8～6.0
高效型旋风除尘器	80～90	5～10	1000～1500	1.6～4.0
袋式除尘器	95～99	<0.1	800～1500	3.0～4.5
电除尘器	90～98	<0.1	125～200	0.3～1.0
喷淋塔	70～85	10	25～250	0.8
泡沫除尘器	85～95	2	800～3000	1.1～4.5
文氏管除尘器	90～98	<0.1	5000～20000	8.0～35.0
自激式除尘器	～99	<0.1	900～1800	4.0～4.5
卧式旋风水膜除尘器	～98	2～5	750～1250	3.0～4.0

表31-70 旋风除尘器效率 /%

粉尘粒径/μm	通 用 型	高 效 型	粉尘粒径/μm	通 用 型	高 效 型
<5	<50	50～80	25～40	80～95	95～99
5～20	50～80	80～90	>40	95～99	95～99

注：通用型，相对断面比$K=4\sim6$；高效型、相对断面比$K=6\sim13.5$。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-71 袋式除尘器推荐的过滤风速 /(m/min)

等级	粉尘种类	清灰方式		
		振打与逆气流联合	脉冲喷吹	反吹风
1	炭黑①，氧化硅(白炭黑)，铅①，锌①的升华物以及其他在气体中由于冷凝和化学反应而形成的气溶胶，化妆粉，去污粉，奶粉，活性炭，由水泥窑排出的水泥①	0.45～0.6	0.8～2.0	0.33～0.45
2	铁①及铁合金①的升华物，铸造尘，氧化铝①，由水泥磨排出的水泥①，碳化炉升华物①，石灰①，刚玉，安福粉及其他肥料，塑料，淀粉	0.6～0.75	1.5～2.5	0.45～0.55
3	滑石粉，煤，喷砂清理尘、飞灰①，陶瓷生产的粉尘，炭黑(二次加工)，颜料，高岭土，石灰石①，矿尘，铝土矿，水泥(来自冷却器)①，搪瓷①	0.7～0.8	2.0～3.5	0.6～0.9
4	石棉，纤维尘，石膏、珠光石、橡胶生产中的粉尘，盐，面粉，研磨工艺中的粉尘	0.8～1.5	2.5～4.5	—
5	烟草，皮革粉，混合饲料，木材加工中的粉尘，粗植物纤维(大麻、黄麻等)	0.9～2.0	2.5～6.0	—

① 基本上为高温的粉尘，多采用反吹风清灰。

表 31-72 各种粉尘的有效驱进速度 /(m/s)

粉尘名称	范围	平均值	粉尘名称	范围	平均值
电站锅炉飞灰	4～20	12	熔炼炉		2.0
煤粉炉飞灰	10～14	12	立炉	5～14	9.5
纸浆及造纸锅炉	6.5～10	8.25	平炉	5～6	5.5
石膏	16～20	18	闪烁炉		7.6
硫酸	6～8.5	7.25	冲天炉	3～4	3.5
热磷酸	1～5	3	多膛焙烧炉		8.0
水泥(湿法)	9～12	10.5	高炉	6～14	10.0
水泥(干法)	6～7	6.5	催化剂粉尘		7.6
铁矿烧结灰尘	6～20	13	镁砂		4.7
氧化亚铁(FeO)	7～22	14.5	氧化锌、氧化铝		4.0
焦油	8～23	15.5	氧化铝		6.4
石灰石	3～55	29	氧化铝熟料		13

3 空气调节

3.1 空气设计参数

设计空调系统时，应按规定的室内、外空气状态进行计算，这一规定状态下的空气参数即为室内外空气设计参数。

3.1.1 室内空气设计参数

按空调使用的目的，可分为舒适性和工艺性空调两种类型。舒适性空调主要是维持室内空气具有良好的参数，使居留人员感到舒适，保证适宜的工作和生活条件。根据 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》的规定按表 31-73 所列数值选用。

表 31-73 舒适性空调室内空气设计参数

季节	温度/℃	相对湿度/%	风速/(m/s)
冬季	18～24	30～60	≤0.2
夏季	22～28	40～65	≤0.3

表 31-73 中的数据是原则性的规定。对于不同性质的建筑物，则根据其使用性质、冷源情况、经济条件以及室内参数综合作用下的舒适条件，参考表 31-74 选用。

工艺性空调的室内空气设计参数取决于生产工艺过程的要求，不仅规定了温、湿度的基数，而且还规定其允许的波动值以及洁净度等。表 31-75 提供了部分生产车间对空气温、湿度及其允许波动范围的要求，仅供参考。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-74 空调房间的室内计算参数

建筑物类别	夏季			冬季		
	t,φ(高级)	t,φ(一般)	气流平均速度/(m/s)	t,φ(高级)	t,φ(一般)	气流平均速度/(m/s)
人整日停留场所居住建筑(宾馆、饭店),办公类建筑(办公楼、学校),卫生福利建筑(医院、托儿所)	25～27℃ 60%～50%	26～28℃ 65%～45%	0.2～0.4	20～22℃ ≥35%	18～20℃ 不规定	0.15～0.25
人短时间停留场所文化设施(演出、集会、博览、电影院),交通邮电(车站、机场),商业服务(百货公司)	26～28℃ 65%～55%	27～29℃ 65%～55%	0.3～0.5	18～20℃ ≥35%	16～18℃ 不规定	0.2～0.3
显热少、潜热多的大型厅堂(大会堂、体育馆)	25～27℃ 65%～50%	26～28℃ 65%～55%	0.2～0.4	18～20℃ ≥35%	18～20℃ 不规定	0.2～0.3
显热多、潜热少的建筑(电视演播室、控制室、广播通讯机房等)	24～26℃ 50%～40%	26～27℃ 55%～45%	0.3～0.5	18～20℃ ≥35%	18～20℃ ≥35%	0.2～0.3

表 31-75 部分生产车间要求的空气温、湿度

工作类别	温度/℃		相对湿度/%
	夏季	冬季	
电子工业			
电解电容器、薄膜电容器车间	26～28	16～18	40～60
精缩间、翻版间、光刻间	22±1	22±1	50～60
扩散间、蒸发、钝化、外延间	23±5	23±5	60～70
化学工业			
聚苯乙烯塑料加工业			
塑料薄膜加工车间	20±3		55～65
聚四氟乙烯原料工段	20±1		<60
胶片加工车间	20±2		55～65
医药工业			
100级,10000级洁净区	20～24		45～60
100000级,300000级洁净区	18～26		45～65
电子计算机房			
电子计算机房	20～23 ±1～2	20～22 ±1～2	50±10
卡片、磁带、纸带储存	18～24	18左右	40～60

注：有特殊要求的应按生产工艺要求确定。

当工艺无特殊要求时，生产厂房夏季工作地点的温度，应根据夏季通风室外计算温度及其与工作地点的允许温差，不得超过表 31-76 的规定。

表 31-76 夏季工作地点温度 /℃

夏季通风室外计算温度	≤22	23	24	25	26	27	28	29～32	≥33
允许温差	10	9	8	7	6	5	4	3	2
工作地点温度	≤32	32						32～35	35

建筑物室内空气应符合国家现行的有关室内空气质量、污染物浓度控制等卫生标准的要求。

建筑物室内人员所需最小新风量，应符合以下规定。

① 民用建筑主要房间人员所需最小新风量按国家现行有关卫生标准确定，详见表 31-77。

表 31-77 民用建筑主要房间人员所需的最小新风量 /[m³/(h·人)]

建筑类型			新风量	依据
旅游旅馆	客房	一级	50	GB 50189—93
		二级	40	GB 50189—93
		三级	30	GB 50189—93
	餐厅、宴会厅、多功能厅	一级	30	GB 50189—93
		二级	25	GB 50189—93
		三级	20	GB 50189—93
		四级	15	GB 50189—93
	商业、服务	一级～二级	20	GB 50189—93
		三级～四级	10	GB 50189—93
	大堂、四季厅	一级～二级	10	GB 50189—93
	美容理发室、康乐设施		30	GB 50189—93
旅店	客房	3～5星级	30	GB 9663—1996
		1～2星级	20	GB 9663—1996
文化娱乐场所	影剧院、音乐厅、录像厅(室)		20	GB 9664—1996
	游艺厅、舞厅(包括卡拉OK歌厅)		30	GB 9664—1996
	酒吧、茶座、咖啡厅		10	GB 9664—1996
体育馆			20	GB 9668—1996
商场(店)、书店			20	GB 9670—1996
饭馆(餐厅)			20	GB 16153—1996
办公楼			30	GB/T 18883—2002
住宅			30	GB/T 18883—2002
学校	教室	小学	11	GB/T 17226—1998
		初中	14	GB/T 17226—1998
		高中	17	GB/T 17226—1998

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 工业建筑应保证每人不小于 30m³/h 的新风量。

③ 洁净室内的新鲜空气量应取下列两项中的最大值：

a. 补偿室内排风量和保持室内正压值所需新鲜空气量之和；

b. 保证供给洁净室内每人每小时的新鲜空气量不小于 40m³。

3.1.2 室外空气设计参数

GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》规定在进行空调系统设计时，室外空气设计参数按下述原则确定。

① 夏季空气调节室外计算干球温度，应采用历年平均不保证 50h 的干球温度。

② 夏季空气调节室外计算湿球温度，应采用历年平均不保证 50h 的湿球温度。

③ 冬季空气调节室外计算温度，应采用历年平均不保证 1 天的平均温度。

④ 冬季空气调节室外计算相对湿度，应采用累年最冷月平均相对温度。

⑤ 夏季空气调节室外计算日平均温度，应采用历年平均不保证 5 天的日平均温度。

⑥ 夏季室外平均风速，应采用累年最热三个月各月平均风速的平均值。

⑦ 冬季室外平均风速，应采用累年最冷三个月各月平均风速的平均值。

⑧ 夏季室外大气压力，应采用累年最热三个月各月平均大气压力的平均值。

⑨ 冬季室外大气压力，应采用累年最冷三个月各月平均大气压力的平均值。

按上述原则确定的全国主要城市的室外气象参数，按 GBJ 19—87《采暖通风与空气调节设计规范》附录二采用。

对于未列入规范的城市及台站的冬夏两季各种室外计算温度，可按 GBJ 19—87《采暖通风与空气调节设计规范》附录三方法确定。

3.2 建筑布置和热工要求

① 空调房间应尽量集中布置。室内温湿度基数和使用要求相近的空调房间宜相邻布置。

② 转角房间不宜在两面外墙上都设置窗户，以减少传热和渗透。

③ 空调房间应尽量避免设在顶层，如必须设在顶层时，应设置顶棚。屋盖与顶棚之间应有良好的自然通风。保温层应做在顶棚上。

④ 空调房间不宜与高温高湿或有大量粉尘、腐蚀性气体产生的房间相邻。

⑤ 空调房间围护结构的传热系数 K 值，应根据建筑物的用途和空调类别，通过技术经济比较确定。对于工艺性空气调节不应大于表 31-78 所规定的数值；对于舒适性空气调节，应符合国家现行有关节能设计标准的规定，可参见本章 1.1.2 条。

表 31-78 围护结构传热系数 K 值/[W/(m²·℃)]

围护结构名称	室温允许波动范围/℃		
	±0.1～0.2	±0.5	≥±1.0
屋顶	—	—	0.8
顶棚	0.5	0.8	0.9
外墙	—	0.8	1.0
内墙和楼板	0.7	0.9	1.2

注：1. 表中内墙和楼板的有关数值，仅使用于相邻空气调节区的温差大于 3℃时。

2. 确定围护结构的传热系数时，尚应符合 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》第 4.1.8 条的规定。

⑥ 工艺性空调房间，当室温允许波动范围小于或等于±0.5℃时，其围护结构的热惰性指标，不应小于表 31-79 的规定。

表 31-79 围护结构最小热惰性指标 D 值

围护结构名称	室温允许波动范围/℃	
	±0.1～0.2	±0.5
外墙	—	4
屋顶	—	3
顶棚	4	3

⑦ 工艺性空调房间的外墙、外墙朝向及其所在层次应符合表 31-80 的要求。

表 31-80 外墙、外墙朝向及所在层次

室温允许波动范围/℃	外 墙	外墙朝向	层 次
≥±1.0	宜减少外墙	宜北向①	宜避免顶层
±0.5②	不宜有外墙	如有外墙时，宜北向	宜底层
±(0.1～0.2)	不应有外墙	—	宜底层

① 规定的“北向”，适用于北纬 23.5°以北的地区；北纬 23.5°以南的地区，可相应的采用南向。

② 室温允许波动范围小于或等于±0.5℃的空调房间，宜布置在室温允许波动范围较大的空调房间之中，当布置在单层建筑物内时，宜设通风屋顶。

⑧ 空气调节建筑的外窗面积不宜过大。不同窗墙面积比的外窗，其传热系数应符合国家现行有关节能设计标准的规定；外窗玻璃的遮阳系数，严寒地区宜大于 0.80，非严寒地区宜小于 0.65 或采用外遮阳措施。

室温允许波动范围大于或等于±1.0℃的空气调节区，部分窗扇应能开启。

⑨ 工艺性空调房间，当室温允许波动范围大于±1.0℃时，外窗宜尽量北向；±1.0℃时，不应有

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

东、西向外窗；±0.5℃时，不宜有外窗，如有外窗时，应北向。

⑩ 工艺性空调的门和门斗应符合表 31-81 的要求。舒适性空调房间开启频繁的外门宜设门斗，必要时，可设置空气幕。

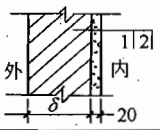
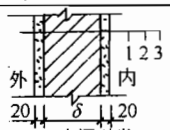
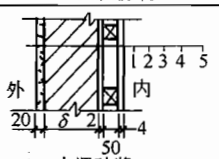
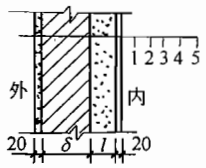
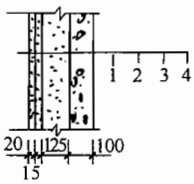
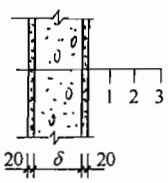
⑪ 外门门缝应严密，当门两侧的温差不小于 7℃时，应采用保温门。

⑫ 几种围护结构的传热系数见表 31-82。传热系数的计算见本手册采暖部分有关章节。

表 31-81　门和门斗

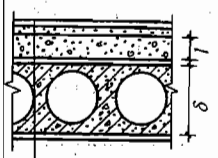
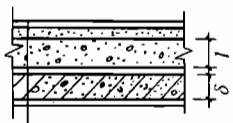
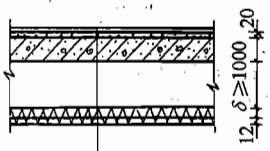
室温允许波动范围/℃	外门和门斗	内门和门斗
≥±1.0	不宜有外门，如有经常开启的外门时，应设门斗	门两侧温差≥7℃时，宜设门斗
±0.5	不应有外门，如有外门时，必须设门斗	门两侧温差＞3℃时，宜设门斗
±(0.1～0.2)	—	内门不宜通向室温基数不同或室温允许波动范围＞±1.0℃的邻室

表 31-82　几种围护结构的传热系数 K

类别	构造	壁厚 δ/mm	保温层 材料	保温层 厚度 l/mm	传热系数 K/[W/(m²·℃)]
外墙(1)	 1—砖墙 2—白灰粉刷	240			2.05
		370			1.55
		490			1.26
外墙(2)	 1—水泥砂浆 2—砖墙 3—白灰粉刷	240			1.97
		370			1.50
		490			1.22
外墙(3)	 1—水泥砂浆 2—砖墙 3—油毡 4—空气层 5—夹板	370			1.16
		490			0.99
外墙(4)	 1—水泥砂浆抹灰 喷浆 2—砖墙 3—防潮层(用于炎热潮湿地区) 4—保温层 5—水泥砂浆抹灰加油漆	240	水泥膨胀珍珠岩	190	0.45
				140	0.57
				110	0.66
				80	0.80
				60	0.93
				50	1.02
				40	1.12
		240	沥青膨胀珍珠岩	160	0.44
				110	0.58
				80	0.71
				65	0.80
				50	0.92
				40	1.01
		370	水泥膨胀珍珠岩	120	0.57
				90	0.67
				60	0.81
				45	0.91
		370	沥青膨胀珍珠岩	100	0.56
				70	0.69
				50	0.80
				40	0.87
外墙(5)	混凝土、加气混凝土复合板 240  1—外粉刷 2—混凝土 3—加气混凝土 4—混凝土、大白浆	240	加气混凝土		1.30
外墙(6)	纯加气混凝土大板  1—外粉刷 2—加气混凝土 3—内粉刷	200	加气混凝土		0.86
		175	加气混凝土		0.95

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

类别	构造	壁厚 δ/mm	保温层材料	保温层厚度 l/mm	传热系数 K/[W/(m²·℃)]
屋面(1)	 外表层5mm厚的白色小石子 卷材防水层 找平层 20mm水泥砂浆 保温层 隔汽层 水泥砂浆找平层 预制钢筋混凝土空心板 内粉刷	35	水泥膨胀珍珠岩	25	1.86
				50	1.33
				75	1.04
				100	0.85
				125	0.72
				150	0.62
				175	0.55
				200	0.49
			沥青膨胀珍珠岩	25	1.59
				50	1.07
				75	0.80
				100	0.64
				125	0.53
				150	0.47
				175	0.41
				200	0.36
屋面(2)	 砾砂外表层5mm 卷材防水层 水泥砂浆找平层 保温层 隔汽层 水泥砂浆找平层 预制钢筋混凝土屋面板 内粉刷	35	沥青蛭石板	25	1.78
				50	1.24
				75	0.97
				100	0.87
				125	0.66
				150	0.52
				175	0.50
				200	0.44
		120	水泥膨胀珍珠岩	25	1.64
				50	1.21
				75	0.97
				100	0.79
				125	0.67
				110	0.59
				175	0.52
				200	0.48
		120	沥青膨胀珍珠岩	25	1.42
				50	0.99
				75	0.76
				100	0.62
				125	0.51
				150	0.44
				175	0.40
				200	0.35
			沥青蛭石板	25	1.57
				50	1.14
				75	0.90
				100	0.74
				125	0.63
				150	0.55
				175	0.49
				200	0.43
		150	水泥膨胀珍珠岩	25	1.58
				50	1.17
				100	0.98
				150	0.58
				200	0.47
			沥青膨胀珍珠岩	25	1.38
				50	0.97
				100	0.60
				150	0.44
				200	0.35
			沥青蛭石板	25	1.52
				50	1.12
				100	0.73
				150	0.53
				200	0.43
屋面(3)	 防水层加小豆石 水泥砂浆找平层 屋面板 吊顶空间 保温层 隔汽层 石膏板	80	脲醛泡沫塑料		0.44
		60			0.53
		50			0.60
		40			0.70
		30			0.83
		100	膨胀珍珠岩粉		0.44
		80			0.51
		60			0.63
		50			0.70
		40			0.79
		30			0.92
		25			1.00
		100	沥青玻璃棉毡		0.44
		80			0.51
		60			0.63
		50			0.70
		40			0.79
		30			0.92
		25			1.00

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.3　室内热湿负荷计算

空调房间冬季计算热负荷，按本手册采暖部分有关章节进行计算。空调房间夏季计算冷负荷，应根据下列各项确定：

① 通过围护结构传入的流量；
② 通过外窗进入的太阳辐射热量；
③ 人体散热量；
④ 照明散热量；
⑤ 设备、器具、管道及其他内部热源的散热量；
⑥ 食品或物料的散热量；
⑦ 渗透空气带入的热量；
⑧ 伴随各种散湿过程产生的潜热量。

除方案设计或初步设计阶段可使用冷负荷指标进行必要的估算之外，应对空气调节区进行逐项逐时的冷负荷计算。

空气调节区的夏季冷负荷，应按各项逐时冷负荷的综合最大值确定。

空气调节系统的夏季冷负荷，应根据所服务空气调节区的同时使用情况、空气调节系统的类型及调节方式，按各空气调节区逐时冷负荷的综合最大值或各空气调节区夏季冷负荷的累计值确定，并应计入各项有关的附加冷负荷。

3.3.1　通过围护结构传入室内的热量

(1) 通过外墙及屋顶传热形成的逐时冷负荷

为简化计算，利用冷负荷计算温度 t_{lf} 来概括所有室外因素的作用，用以计算外墙或屋顶造成的室内冷负荷 Q_1，见式 (31-70)。

$$Q_1 = KF(t_{lf} + t_d - t_n)\ \text{W} \qquad (31\text{-}70)$$

式中　F——外墙或屋顶的传热面积，m^2；

K——外墙或屋顶的传热系数，$W/(m^2 \cdot ℃)$；

t_{lf}——逐时冷负荷计算温度，见表 31-83、表 31-84，℃；

t_n——室内设计温度，℃；

t_d——逐时冷负荷计算温度修正值，见表 31-85 ℃。

(2) 通过隔墙、楼板等内围护结构传热形成的冷负荷

$$Q_2 = KF(t_{wp} + \Delta t_{ls} - t_n)\ \text{W} \qquad (31\text{-}71)$$

式中　K——隔墙或楼板的传热系数，W/m^2；

F——隔墙或楼板的面积，m^2；

t_{wp}——夏季空调室外计算日平均温度，℃；

t_n——室内计算温度，℃；

Δt_{ls}——邻室计算平均温度与夏季空气调节室外计算日平均温度的差值，按《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003 中取值，℃。

表 31-83　外墙（中等热容）冷负荷计算温度 t_{lf}　/℃

时　间	朝　向							
	南	西南	西	西北	北	东北	东	东南
0	36.1	38.2	38.5	36.0	33.1	36.2	38.5	38.1
1	36.2	38.5	38.9	36.3	33.2	36.1	38.4	38.1
2	36.2	38.6	39.1	36.5	33.2	36.0	38.2	37.9
3	36.1	38.6	39.2	36.5	33.2	35.8	38.0	37.7
4	35.9	38.4	39.1	36.5	33.1	35.6	37.6	37.4
5	35.6	38.2	38.9	36.3	33.0	35.3	37.3	37.0
6	35.3	37.9	38.6	36.1	32.8	35.0	36.9	36.6
7	35.0	37.5	38.2	35.8	32.6	34.7	36.4	36.2
8	34.6	37.1	37.8	35.4	32.3	34.3	36.0	35.8
9	34.2	36.6	37.3	35.1	32.1	33.9	35.5	35.3
10	33.9	36.1	36.8	34.7	31.8	33.6	35.2	34.9
11	33.5	35.7	36.3	34.3	31.6	33.5	35.0	34.6
12	33.2	35.2	35.9	33.9	31.4	33.5	35.0	34.5
13	32.9	34.9	35.5	33.6	31.3	33.7	35.2	34.6
14	32.8	34.6	35.2	33.4	31.2	33.9	35.6	34.8
15	32.9	34.4	34.9	33.2	31.2	34.3	36.1	35.2
16	33.1	34.3	34.8	33.2	31.3	34.6	36.6	35.7
17	33.4	34.4	34.8	33.2	31.4	34.9	37.1	36.2
18	33.9	34.7	34.9	33.3	31.6	35.2	37.5	36.7
19	34.4	35.2	35.3	33.5	31.8	35.4	37.9	37.2
20	34.9	35.8	35.8	33.9	32.1	35.7	38.2	37.5
21	35.3	36.5	36.5	34.4	32.4	35.9	38.4	37.8
22	35.7	37.2	37.3	35.0	32.6	36.1	38.5	38.0
23	36.0	37.7	38.0	35.5	32.9	36.2	38.6	38.1

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-84 屋顶（中等热容）冷负荷计算温度 t_{lf} /℃

时 间	t_{lf}	时 间	t_{lf}
0	47.2	12	35.6
1	46.4	13	36.0
2	45.4	14	37.0
3	44.3	15	38.4
4	43.1	16	40.1
5	41.8	17	41.9
6	40.6	18	43.7
7	39.3	19	45.4
8	38.1	20	46.7
9	37.0	21	47.5
10	36.1	22	47.8
11	35.6	23	47.7

表 31-85 冷负荷计算温度 t_{lf} 的修正值 t_d /℃

序号	城 市	南	西南	西	西北	北	东北	东	东南	水平
1	北京	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	天津	−0.4	−0.3	−0.1	−0.1	−0.2	−0.3	−0.1	−0.3	−0.5
3	石家庄	0.5	0.6	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4
4	太原	−3.3	−3.0	−2.7	−2.7	−2.8	−2.8	−2.7	−3.0	−2.8
5	呼和浩特	−4.3	−4.3	−4.4	−4.5	−4.6	−4.7	−4.4	−4.3	−4.2
6	沈阳	−1.4	−1.7	−1.9	−1.9	−1.6	−2.0	−1.9	−1.7	−2.7
7	长春	−2.3	−2.7	−3.1	−3.3	−3.1	−3.4	−3.1	−2.7	−3.6
8	哈尔滨	−2.2	−2.8	−3.4	−3.7	−3.4	−3.8	−3.4	−2.8	−4.1
9	上海	−0.8	−0.2	0.5	1.2	1.2	1.0	0.5	−0.2	0.1
10	南京	1.0	1.5	2.1	2.7	2.7	2.5	2.1	1.5	2.0
11	杭州	1.0	1.4	2.1	2.9	3.1	2.7	2.1	1.4	1.5
12	合肥	1.0	1.7	2.5	3.0	2.8	2.8	2.4	1.7	2.7
13	福州	−0.8	0.0	1.1	2.1	2.2	1.9	1.1	0.0	0.7
14	南昌	0.4	1.3	2.4	3.2	3.0	3.1	2.4	1.3	2.4
15	济南	1.6	1.9	2.2	2.4	2.3	2.3	2.2	1.9	2.2
16	郑州	0.8	0.9	1.3	1.8	2.1	1.6	1.3	0.9	0.7
17	武汉	0.4	1.0	1.7	2.4	2.2	2.3	1.7	1.0	1.3
18	长沙	0.5	1.3	2.4	3.2	3.1	3.0	2.4	1.3	2.2
19	广州	−1.9	−1.2	0.0	1.3	1.7	1.2	0.0	−1.2	−0.5
20	南宁	−1.7	−1.0	0.2	1.5	1.9	1.3	0.2	−1.0	−0.3
21	成都	−3.0	−2.6	−2.0	−1.1	−0.9	−1.3	−2.0	−2.6	−2.5
22	贵阳	−4.9	−4.3	−3.4	−2.3	−2.0	−2.5	−3.5	−4.3	−3.5
23	昆明	−8.5	−7.8	−6.7	−5.5	−5.2	−5.7	−6.7	−7.8	−7.2
24	拉萨	−13.5	−11.8	−10.2	−10.0	−11.0	−10.1	−10.2	−11.8	−8.9
25	西安	0.5	0.5	0.9	1.5	1.8	1.4	0.9	0.5	0.4
26	兰州	−4.8	−4.4	−4.0	−3.8	−3.9	−4.0	−4.0	−4.4	−4.0
27	西宁	−9.6	−8.9	−8.4	−8.5	−8.9	−8.6	−8.4	−8.9	−7.9
28	银川	−3.8	−3.5	−3.2	−3.3	−3.6	−3.4	−3.2	−3.5	−2.4
29	乌鲁木齐	0.7	0.5	0.2	−0.3	−0.4	−0.4	0.2	0.5	0.1
30	汕头	−1.9	−0.9	0.5	1.7	1.8	1.5	0.5	−0.9	0.4
31	海口	−1.5	−0.6	1.0	2.4	2.9	2.3	1.0	−0.6	1.0
32	桂林	−1.9	−1.1	0.0	1.1	1.3	0.9	0.0	−1.1	−0.2
33	重庆	0.4	1.1	2.0	2.7	2.8	2.6	2.0	1.1	1.7

3.3.2 透过外窗的太阳辐射热形成的逐时冷负荷

透过外窗的太阳辐射热量形成的逐时冷负荷可近似认为：

当没有内遮阳设施时，Q_3（最大冷负荷）=（0.6～0.7）×Q_3'（最大得热量）；

当有内遮阳设施时，Q_3（最大冷负荷）=（0.8～0.85）×Q_3'（最大得热量）。

透过外窗进入室内的太阳辐射热量，可利用表格进行计算。

$$Q_3' = qFC_sC_n \text{ W} \tag{31-72}$$

式中 Q_3'——透过外窗进入室内的太阳辐射热

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

量，W；

q——透过单位面积单层3mm厚普通玻璃进入室内的太阳辐射热量，按表31-86选用，W/m^2；

F——玻璃窗面积，m^2；

C_s——玻璃类型修正系数，按表31-87选用；

C_n——内遮阳类型修正系数，按表31-88选用。

照明及设备散热量和散湿量，人体散热量和散湿量的计算详见本章第2节。

表31-86 夏季通过单层3mm厚普通玻璃进入室内的太阳辐射热量 /(W/m^2)

地名	方位	时刻												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
哈尔滨	南	28	52	88	180	281	354	379	354	281	180	88	52	28
	东南	189	335	210	493	478	400	269	141	106	92	74	52	28
	东	376	512	558	518	395	220	116	114	106	92	74	52	28
	东北	337	393	351	238	124	114	116	114	106	92	74	52	28
	北	84	61	74	92	106	114	116	114	106	92	74	61	84
	西北	28	52	74	92	106	114	116	114	124	238	351	393	337
	西	28	52	74	92	106	114	116	220	395	518	558	512	376
	西南	28	52	74	92	106	141	269	400	478	493	210	335	189
	水平	94	244	413	562	682	753	779	753	682	562	413	244	94
乌鲁木齐	南	26	48	78	167	268	342	368	342	268	167	78	48	26
	东南	218	374	482	523	494	402	257	123	95	84	68	48	26
	东	448	589	624	564	419	221	105	102	95	84	68	48	26
	东北	403	456	396	261	124	102	105	102	95	84	68	48	26
	北	98	61	68	84	95	102	105	102	95	84	68	61	98
	西北	26	48	68	84	95	102	105	102	124	261	396	456	408
	西	26	48	68	84	95	102	105	221	419	564	624	589	448
	西南	26	48	68	84	95	123	257	402	494	523	482	374	218
	水平	98	263	446	605	730	806	833	806	730	605	446	263	98
北京	南	26	54	80	144	226	288	310	288	226	144	80	54	26
	东南	179	328	432	474	440	361	229	127	113	98	78	54	26
	东	373	530	586	543	415	233	123	121	113	98	78	54	26
	东北	341	426	401	293	162	121	123	121	113	98	78	54	26
	北	91	73	78	98	113	121	123	121	113	98	78	73	91
	西北	26	54	78	98	113	121	123	121	162	293	401	426	341
	西	26	54	78	98	113	121	123	233	415	543	586	530	373
	西南	26	54	78	98	113	127	229	361	448	474	432	328	179
	水平	81	246	436	605	737	819	846	819	737	605	436	246	81
兰州	南	20	45	69	111	174	227	246	227	174	111	69	45	20
	东南	171	313	408	439	406	311	186	109	101	87	69	45	20
	东	372	532	586	539	407	222	113	109	101	87	69	45	20
	东北	342	436	418	314	175	109	113	109	101	87	69	45	20
	北	92	76	69	87	101	109	113	109	101	87	69	76	92
	西北	20	45	69	87	101	109	113	109	175	314	418	436	342
	西	20	45	69	87	101	109	113	222	407	539	586	532	372
	西南	20	45	69	87	101	109	186	311	406	439	408	313	171
	水平	66	230	426	599	732	816	844	816	732	599	426	230	66
郑州	南	17	44	69	104	158	203	220	203	158	104	69	44	17
	东南	132	261	354	389	365	281	172	114	105	90	69	44	17
	东	286	444	511	485	376	214	117	114	105	90	69	44	17
	东北	264	370	374	298	180	114	117	114	105	90	69	44	17
	北	74	72	70	90	105	114	117	114	105	90	70	72	74
	西北	17	44	69	90	105	114	117	114	180	298	374	370	264
	西	17	44	69	90	105	114	117	214	376	485	511	444	280
	西南	17	44	69	90	105	114	172	281	365	389	354	281	132
	水平	54	200	383	548	679	762	788	762	679	548	383	200	54

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

地名	方位	时刻												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
西安	南	20	50	78	113	165	209	225	209	165	113	78	50	20
	东南	132	260	353	389	367	286	181	127	116	100	78	50	20
	东	281	431	508	485	380	225	129	127	116	100	78	50	20
	东北	261	356	378	306	192	127	129	127	116	100	78	50	20
	北	76	79	79	100	116	127	129	127	116	100	79	79	76
	西北	20	50	78	100	116	127	129	127	192	306	378	355	261
	西	20	50	78	100	116	127	129	225	380	485	508	431	281
	西南	20	50	78	100	116	127	181	286	367	389	353	260	132
	水平	57	207	391	558	686	770	797	770	686	558	391	207	57
上海	南	15	41	65	87	127	163	176	163	127	87	65	41	15
	东南	133	251	350	376	341	250	146	107	99	84	65	41	15
	东	298	471	536	504	385	213	111	107	99	84	65	41	15
	东北	279	399	409	331	205	114	111	107	99	84	65	41	15
	北	79	80	71	84	99	107	111	107	99	84	71	80	79
	西北	15	41	65	84	99	107	111	114	205	331	409	399	279
	西	15	41	65	84	99	107	111	213	385	504	536	471	298
	西南	15	41	65	84	99	107	146	250	341	376	350	251	133
	水平	47	198	391	566	703	787	818	787	703	566	391	198	47
成都	南	16	47	76	101	139	172	186	172	139	101	76	47	16
	东南	130	244	333	365	337	255	159	125	115	99	76	47	16
	东	264	431	504	485	381	225	129	125	115	99	76	47	16
	东北	246	368	391	328	217	133	129	125	115	99	76	47	16
	北	73	84	81	99	115	125	129	125	115	99	81	84	73
	西北	16	47	76	99	115	125	129	133	217	328	391	368	246
	西	16	47	76	99	115	125	129	225	381	485	504	431	264
	西南	16	47	76	99	115	125	125	255	337	365	333	244	130
	水平	45	194	384	558	693	779	808	779	693	558	384	194	45
武汉	南	14	40	63	85	121	154	168	154	121	85	63	40	14
	东南	129	257	343	368	333	242	140	105	97	83	63	40	14
	东	292	465	531	500	381	210	108	105	97	83	63	40	14
	东北	273	395	407	332	207	113	108	105	97	83	63	40	14
	北	78	80	70	83	97	105	108	105	97	83	70	80	78
	西北	14	40	63	83	97	105	108	113	207	332	407	395	273
	西	14	40	63	83	97	105	108	210	381	500	531	465	292
	西南	14	40	63	83	97	105	140	242	333	368	343	257	129
	水平	43	193	385	560	697	783	813	783	697	560	385	193	43
重庆	南	14	40	65	86	118	151	162	151	118	86	65	40	14
	东南	128	256	342	367	328	239	139	111	101	86	65	40	14
	东	292	469	536	506	389	216	114	111	101	86	65	40	14
	东北	274	401	418	344	221	122	114	111	101	86	65	40	14
	北	78	84	74	86	101	111	114	111	101	86	74	84	78
	西北	14	40	65	86	101	111	114	122	211	344	418	401	274
	西	14	40	65	86	101	111	114	216	389	506	536	463	292
	西南	14	40	65	86	101	111	139	239	328	367	342	256	128
	水平	41	193	390	570	709	798	828	798	709	570	390	193	41
长沙	南	13	40	65	86	113	140	151	140	113	86	65	40	13
	东南	125	256	339	363	321	229	133	111	101	86	65	40	13
	东	290	473	536	516	395	220	114	111	101	86	65	40	13
	东北	272	409	430	361	235	128	114	111	101	86	65	40	13
	北	79	88	79	86	101	111	114	111	101	86	79	88	79
	西北	13	40	65	86	101	111	114	128	235	361	430	409	272
	西	13	40	65	86	101	111	114	220	395	516	536	473	290
	西南	13	40	65	86	101	111	133	229	321	363	339	256	125
	水平													

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

地名	方位	时刻												
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
昆明	南	16	50	78	100	117	134	141	134	117	100	78	50	16
	东南	106	232	309	330	287	206	135	125	116	100	78	50	16
	东	242	430	508	488	381	225	129	125	116	100	78	50	16
	东北	230	379	419	368	263	156	129	125	116	100	78	50	16
	北	72	100	101	104	116	125	129	125	116	104	101	100	72
	西北	16	50	78	100	116	125	129	156	263	368	419	379	230
	西	16	50	78	100	116	125	129	225	381	488	508	430	242
	西南	16	50	78	100	116	125	135	206	287	330	309	232	106
	水平	38	188	384	560	698	783	813	783	693	560	384	188	38
广州	南	13	44	74	93	114	125	132	125	114	98	74	44	13
	东南	97	215	293	310	269	191	129	124	114	98	74	44	13
	东	224	411	495	481	378	222	128	124	114	98	74	44	13
	东北	214	367	415	374	275	165	128	124	114	98	74	44	13
	北	66	99	102	105	114	124	128	124	114	105	102	99	66
	西北	13	44	74	93	114	124	128	165	275	374	415	367	214
	西	13	44	74	93	114	124	128	222	378	481	495	411	224
	西南	13	44	74	93	114	124	129	191	269	310	293	215	97
	水平	30	174	370	552	692	781	810	781	692	552	370	174	30

表 31-87 玻璃类型修正系数 C_s 值

玻璃类型	C_s
单层 5mm 厚普通玻璃	0.93
单层 6mm 厚普通玻璃	0.89
双层 3mm 厚普通玻璃	0.86
双层 5mm 厚普通玻璃	0.78
双层 6mm 厚普通玻璃	0.74
单层 3mm 厚浅蓝色玻璃	0.96
单层 5mm 厚浅蓝色玻璃	0.88
单层 6mm 厚浅蓝色玻璃	0.83
单层 3mm 厚茶色玻璃	0.84
单层 6mm 厚茶色玻璃	0.71

表 31-88 内遮阳类型修正系数 C_n 值

内遮阳类型	颜色	C_n
白布帘	浅色	0.50
浅蓝布帘	中间色	0.60
深黄、紫红、深绿布帘	深色	0.65
活动百叶帘	中间色	0.80

3.3.3 新风带入的负荷

$$Q_w = G_w(h_w - h_n)\ \text{kW} \qquad (31\text{-}73)$$

式中 Q_w——新风负荷，kW；

G_w——新风量，kg/s；

h_w——室外空气的焓，kJ/kg；

h_n——室内空气的焓，kJ/kg。

3.3.4 系统负荷

空调系统的负荷除包括室内负荷外，还包括新风负荷以及由于通风机、风管、水泵、冷水管等温升所引起的附加冷负荷。

① 通过通风机后的温升，按表 31-89 选用。

表 31-89 通风机温升 Δt /℃

通风机风压/hPa	电动机在气流外（$\eta=0.85$）		电动机在气流内（$\eta=1$）	
	$\eta_1=0.5$	$\eta_1=0.6$	$\eta_1=0.5$	$\eta_1=0.6$
300	0.48	0.42	0.57	0.48
400	0.64	0.56	0.76	0.64
500	0.82	0.70	0.95	0.82
600	0.96	0.84	1.14	0.96
700	1.12	0.98	1.33	1.12
800	1.28	1.12	1.52	1.28

注：1. 若求空气通过通风机所增加的冷负荷百分率时，可将上表所查得的 Δt 值除以送风温差（送风温度与被空气调节房间内空气温度之差值）。

2. 表中 Δt 值，系电机效率为 0.8～0.9 时的数值。

3. η—电动机安放位置的修正系数；

η_1—通风机效率，由通风机样本查取。

② 当风管内、外温差为 1℃，风管长度 10m 时，空气通过不保温的铁皮风管的温升或温降，由表 31-90 查得。当风管保温层厚度 $\delta=0.05$m，传热系数 $K=1.163\text{W}/(\text{m}^2\cdot℃)$，风管内外空气温差为 10℃时，10m 长管道的温升见表 31-92，圆形风管和矩形风管修正系数见表 31-91。

③ 通过水泵后的温升及因此而引起的冷负荷附加率，见表 31-93、表 31-94。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-90 不保温的铁皮方风管（l=10m，Δt=1℃）的温升或温降 /℃

管道内空气流速/(m/s)	空气量/(m³/h)															
	500	1000	1500	2000	4000	6000	8000	10000	12500	15000	20000	22500	25000	30000	35000	40000
2.5	0.38	0.27	0.22	0.19	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04
5.0	0.27	0.19	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
6.5	0.24	0.17	0.14	0.12	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8.0	0.22	0.15	0.12	0.11	0.08	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
10.0	0.19	0.13	0.11	0.10	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02
12.0	0.18	0.12	0.10	0.09	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02

注：本表适用于高宽比为1∶1时的通风管道。当高宽比不同时，本表数值应乘以修正系数，见表31-91。

表 31-91 圆形风管和矩形风管修正系数

风管高宽比	修正系数	风管高宽比	修正系数
圆风管	0.89	1∶5	1.35
1∶2	1.07	1∶6	1.43
1∶3	1.15	1∶7	1.50
1∶4	1.25		

表 31-92 保温方风管（K=1.163，l=10m，Δt=10℃）的温升 /℃

风速/(m/s)	空气量/(m³/h)															
	500	1000	1500	2000	4000	6000	8000	10000	12500	15000	20000	22500	25000	30000	35000	40000
2.5	0.65	0.46	0.38	0.33	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.07
5.0	0.46	0.33	0.27	0.23	0.17	0.13	0.11	0.11	0.09	0.09	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05
6.5	0.41	0.29	0.23	0.21	0.15	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
8.0	0.37	0.26	0.21	0.19	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
10.0	0.33	0.23	0.19	0.17	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
12.0	0.30	0.21	0.17	0.15	0.11	0.09	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03

表 31-93 水泵的温升 /℃

水泵效率 η_s	水泵扬程/mH₂O					
	10	15	20	25	30	35
0.5	0.05	0.07	0.09	0.12	0.14	0.16
0.6	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13
0.7	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12

注：1mH₂O=9.80665kPa。

表 31-94 η_s=0.5 时由水泵引起的冷负荷附加率/%

水泵扬程/mH₂O	进出空气处理室的水温差 Δt_n/℃				
	2	3	4	5	6
10	2.3	1.6	1.2	1.0	0.8
20	4.6	3.2	2.4	1.9	1.6
30	6.9	4.8	3.6	2.9	2.7

注：1mH₂O=9.80665kPa。

④ 由保温冷水管壁传入热量引起的温升，按表31-95概略估算。

表 31-95 每100m长保温冷水管道的温升 /℃

冷水管道保温层外径 d/mm	水的温升/℃
50	0.15
70～80	0.10
100	0.07
150	0.05
200以上	0.03

应该注意，空气调节各房间的夏季冷负荷，应按其各项逐时冷负荷的综合最大值确定。

3.3.5 空调负荷的估算指标

空调负荷概算指标是指折算到建筑物中每一平方米空调面积所需的制冷系统或供热系统的负荷值。以下是一些有关公共建筑的参考数据。

夏季空调制冷系统负荷的概算指标为

办公楼（全部） 95～115W/m²

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

超高层办公楼	105～145 W/m²
旅馆（全部）	70～95 W/m²
旅馆中的餐厅	290～350 W/m²
百货商店（全部）	210～240 W/m²
医院（全部）	105～130 W/m²
剧场（观众厅）	230～350 W/m²

将负荷概算指标乘上建筑物内的空调面积，即得制冷系统总负荷的估算值。

3.4 空调系统设计

空调系统通常分为集中式系统、半集中式系统与全分散式系统，也可按输送冷、热量的方法，分成全空气系统、空气-水系统和直接蒸发系统。

① 选择空气调节系统时，应根据建筑物的用途、规模、使用特点、负荷变化情况与参数要求、所在地区气象条件与能源状况等，通过技术经济比较确定。

② 对全年使用的集中式空气调节系统，应考虑各个季节经济工况运行的可能。

③ 对不允许采用循环风的空调系统，应尽量减少通风量，经技术经济比较合理时，可采用能量回收装置，回收排风中的能量。

④ 对放散有爆炸危险性物质的房间，符合下列情况时，空调系统可考虑部分循环空气。

a. 当工艺设备同时散到室内的危险物质数量较少，即使通风系统停止工作，室内有害物质浓度仍不能超过容许浓度时；

b. 当室内设有可靠的环境空气检测和调节系统，室内危险气体的浓度一旦超过安全浓度也能立即消除危险时；

⑤ 空调厂房内的局部排风点，在生产允许采用密闭罩时，可向密闭罩内送入室外清洁空气，以补偿排风。

⑥ 下列情况应采用直流式（全新风）空气调节系统：

a. 夏季空气调节系统的回风焓值高于室外空气焓值；

b. 系统服务的各空气调节区排风量大于按负荷计算出的送风量；

c. 室内散发有害物质，以及防火防爆等要求不允许空气循环使用；

d. 各空气调节区采用风机盘管或循环风空气处理机组，集中送新风的系统。

⑦ 下列情况之一的空气调节区，宜分别或独立设置空气调节风系统：

a. 使用时间不同的空气调节区；

b. 温湿度基数和允许波动范围不同的空气调节区；

c. 对空气的洁净要求不同的空气调节区；

d. 有消声要求和产生噪声的空气调节区；

e. 空气中含有易燃易爆物质的空气调节区；

f. 在同一时间内需分别进行供热和供冷的空气调节区。

3.4.1 全空气空调系统

全空气空调系统是最基本的集中式系统，一般由空气处理设备、空气输送设施（如通风机、风道系统）和送排风装置三大部分组成，见图 31-22，适用于舒适性或工艺性的各类空调工程。送入室内的空气可以是全部新鲜空气，即所谓直流系统；也可以利用部分新鲜空气与部分室内空气混合后送入室内，即混合系统。

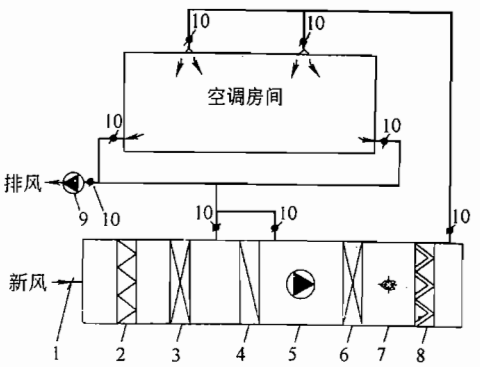


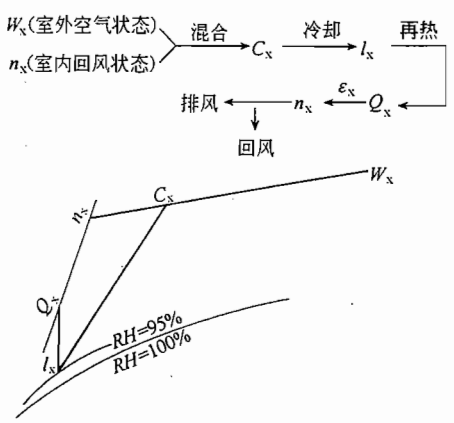
图 31-22 集中式空调系统的示意

1—新风量调节阀；2—初效过滤器；3—预加热器；4—表冷器；5—送风机；6—再加热器；7—加湿器；8—中效过滤器；9—排风机；10—风量调节器

直流系统的耗能量大，投资和运行费用高，但卫生效果最好，适用于散发大量有害物的车间。混合系统也称回风系统，这种系统既能满足卫生要求，又经济合理，故应用最广。回风系统有两种形式，一种是室内回风在处理前与新风混合，称一次回风系统；另一种是分别与经过处理设备前后的空气进行混合，称为一次、二次回风系统。

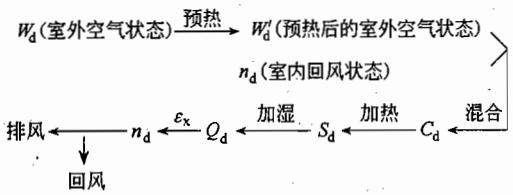
（1）一次回风系统

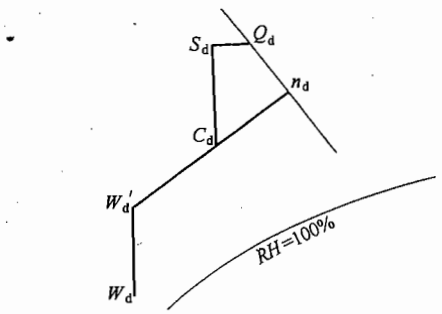
图 31-22 是一个典型的二次回风的空调系统示意。将其二次回风阀关闭，即成为一次回风系统。夏季的处理过程如下：



化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

冬季处理过程如下：





在严寒地区，由于室外温度过低，混合后的空气可能达到饱和而产生水雾或凝结水，此时，应将室外空气用预热器加热后再与回风混合，加热后的空气温度由计算确定，但不宜低于5℃。一次回风系统夏季处理空气所需的冷量按式（31-74）计算。

$$Q_x = G(h_{cx} - h_{lx})\ \text{kW} \qquad (31\text{-}74)$$

式中　Q_x——处理室所需冷量，kW；

G——系统风量，kg/s；

h_{cx}——混合后空气的焓，kJ/kg；

h_{lx}——减湿冷却后空气的焓，kJ/kg。

冬季加热空气所需热量按式（31-75）计算。

$$Q_d = G[(h_{wd'} - h_{wd}) + (h_{sd} - h_{cd})]\ \text{kW} \qquad (31\text{-}75)$$

式中　Q_d——加热空气所需热量，kW；

G——系统风量，kg/s；

$h_{wd'}$——预热后空气的焓，kJ/kg；

h_{wd}——室外空气的焓，kJ/kg；

h_{sd}——加热后空气的焓，kJ/kg；

h_{cd}——混合后空气的焓，kJ/kg。

（2）二次回风系统

除了有一次回风外，还有将另一部分回风与冷却处理后的空气进行混合的系统，称为二次回风系统。它可以减少一次回风系统由于冷、热量的抵消而引起冷量、热量浪费的无效损耗。因此二次回风系统的再热量和所需冷量比一次回风系统少，但机器露点要比一次回风系统机器露点低，当室内散湿量大时，室内热湿比ε小，机器露点会更低，使供水温度和冷冻机的制冷效率降低。

3.4.2　风机盘管系统

风机盘管系统是一种半集中式空调系统，冷媒（热媒）通过管道送入设在空调房间内的风机盘管机组，就地与室内空气进行冷（热）量交换，达到空调目的。此种系统，因其冷（热）量分别由空气和水带入空调房间，所以属于空气-水系统。

风机盘管系统适用于空调房间较多且各房间要求有单独控制调节的建筑，如旅馆、公寓和办公楼等高层多室的建筑物，同时也适用于小型多室住宅建筑尤其是旧建筑物的改造，由于所占空间较少，不需要大拆大改，更显示了这种系统的灵活和优越性，但对于温、湿度要求严格的建筑物，或房间空气中含有较多有害物质或异味时则不适用。

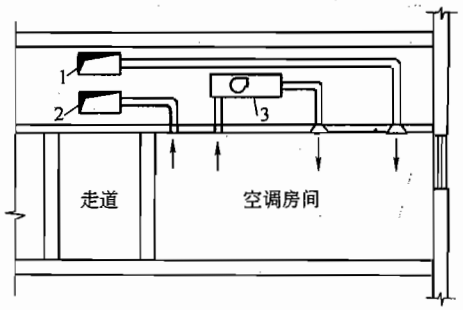


图 31-23　卧式风机盘管机组和独立新风系统
1—新风管；2—排风管；3—风机盘管

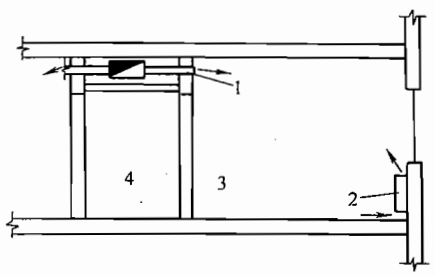


图 31-24　立式风机盘管机组和独立新风系统
1—新风口；2—风机盘管；3—房间；4—走廊

（1）系统布置

风机盘管有卧式和立式两大类，又分为暗装和明装机组（见图31-23、图31-24）。对于有吊顶的房间，一般可采用卧式暗装风机盘管，将盘管布置在吊顶空间内。这种布置方式既美观又不占用房间有效面积，噪声小，目前被广泛应用。顶棚内无安装位置时，可采用立式机组，一般以布置在外墙窗下较好。这种布置方式多用于较大空间的空调，冬季和夏季室内温度均匀性较好，特别适用于以冬季采暖为主的场所。

（2）新风供给方式

新风供给方式，大致分为以下三种。

① 通过门、窗缝隙自然渗入。

② 由墙洞引入新风直接进入机组。

③ 由独立的新风系统供给室内新风。这种方式可以保证室内有良好的卫生条件，使室内空气参数稳定，能保证足够的新风量，但投资较大。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 水管系统

风机盘管系统的供水系统有双管制、三管制以及四管制三种方式。

① 双管制　系统只有供水和回水两根管道，冬季供热水，夏季供冷水都通过同一管路进行。其特点是系统简单、投资省。

② 三管制　系统每个风机盘管在全年内都能使用热水或冷水。由一根供冷水管、一根供热水管和一根公共的回水管组成。由于回水管是共用的，往往会造成冷热量的混合损失，在工程中很少采用。

③ 四管制　系统的冷水和热水分别有其供、回水管道。可以全年同时供冷和供热，满足不同房间的冷热要求，但投资较大，系统复杂，占用建筑空间也多。

选择水管系统时，要进行全面的综合比较。对于在工厂办公楼等空调工程中，一般可采用双管制。对于舒适要求很高的星级宾馆或大空间办公场所，可采用四管制。

(4) 风机盘管机组的选择计算

风机盘管机组的选择计算目的是在已知风量、进风参数和水初温、水流量的条件下，确定满足所需要的空气出口参数和冷量的机组。

风机盘管机组负担的冷量（包括全冷量与显冷量）与新风的供给方式有关。当新风不经处理直接通过渗漏或墙洞进入室内时，风机盘管机组的冷量应等于室内冷负荷及新风冷负荷之和。当有独立新风系统，若新风经热湿处理后的焓等于室内空气的焓，则风机盘管机组提供的全冷量应等于室内全冷负荷，其显冷量应等于室内显冷负荷与新风提供的显冷量之差。

例　已知某房间夏季室内冷负荷 $Q=5.38\text{kW}$，湿负荷 $W=0.22\text{g/s}$，室内温度 $t_n=27℃$，相对湿度 $RH_n=60\%$。室外空气干球温度 $t_w=34℃$，相对湿度 $RH_w=65\%$，大气压力为 101325Pa。要求新风量 $G_w=0.08\text{kg/s}$。拟采用独立新风系统，将新风处理到其焓值等于室内空气的焓值，试确定风机盘管机组的型号、数量及主要运行参数。

解　由于送入室内新风的焓值等于 h_n，因此新风不负担室内全冷负荷。

$$\text{室内热湿比}\quad \varepsilon=\frac{Q}{W}=\frac{5.38}{0.00022}=24500\text{kJ/kg}$$

确定总风量，采用取大送风温差送风，则 ε 线与 $RH=95\%$ 线交点 o，即为送风参数点（见例题附图）。

总送风量

$$G=\frac{Q}{h_n-h_o}=\frac{5.38}{61.5-51.5}=0.538\text{kg/s}$$

新风量　$G_w=0.08\text{ kg/s}$

风机盘管风量

$$G_f=G-G_w=0.538-0.08=0.458\text{ kg/s}$$

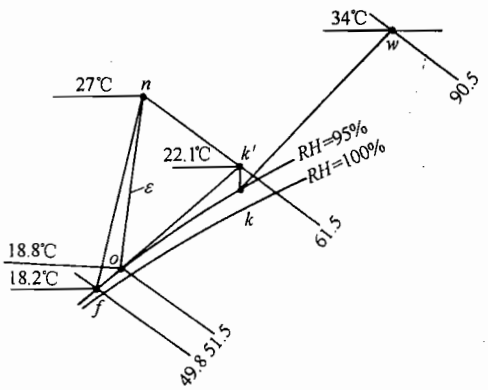
风机盘管机组出口空气的焓值 h_f

$$h_f=\frac{Gh_o-G_wh_n}{G_f}=\frac{0.538\times51.5-0.08\times61.5}{0.458}=49.8\text{ kJ/kg}$$

由 h-x 图得：$t_f=18.2℃$，$RH_f=95\%$

则风机盘管显冷量 Q_s

$$Q_s=GC_a(t_n-t_o)-G_WC_a(t_n-t'_k)$$
$$=0.538\times1.01\times(27-18.8)-0.08\times1.01\times(27-22.1)=4.06\text{ kW}$$



例题附图

选用 42CM-003 型机组，每台机组高档风量为 $0.142\text{m}^3/\text{s}$，在进水温度 $t_{w1}=10℃$，水流量 0.1kg/s 时，每台机组的全冷量 1.99kW，显冷量 1.57kW，水阻力 9kPa。共选用三台，高挡风量、全冷量、显冷均能满足要求。

3.4.3　空调系统风速、消声和保温

一般工业建筑的空调通风系统，其风管内的风速宜按表 31-96 确定。

表 31-96　风管内的风速　/(m/s)

风管类别	钢板及非金属风管	砖及混凝土风道
干管	6～14	4～12
支管	2～8	2～6

采暖、通风和空气调节设备噪声源的声功率级，应依据产品资料的实测数值。

气流通过直风管、弯头、三通、变径管、阀门和送回风口等部件产生的再生噪声声功率级与噪声自然衰减量，应分别按各倍频带中心频率计算确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

注：对于直风管，当风速小于5m/s时，可不计算气流再生噪声；风速大于8m/s时，可不计算噪声自然衰减量。

通风与空气调节系统产生的噪声，当自然衰减不能达到允许噪声标准时，应设置消声设备或采取其他消声措施。系统所需的消声量，应通过计算确定。

选择消声设备时，应根据系统所需消声量、噪声源频率特性和消声设备的声学性能及空气动力特性等因素，经技术经济比较确定。

消声设备的布置应考虑风管内气流对消声能力的影响。消声设备与机房隔墙间的风管应具有隔声能力。

管道穿过机房围护结构处四周的缝隙，应使用具备隔声能力的弹性材料填充密实。

空气调节风管绝热层的最小热阻应符合表31-97的规定。

表31-97 空气调节风管绝热层的最小热阻

风管类型	最小热阻/($m^2 \cdot K/W$)
一般空调风管	0.74
低温空调风管	1.08

3.5 水管系统设计

水管系统的功能是输送冷热能量，满足末端装置或机组的负荷要求。有多种分类方法，介绍如下。

3.5.1 开式系统和闭式系统

开式系统（见图31-25）和闭式系统（见图31-26）相比，开式系统与大气相通，循环水中含氧量高，容易腐蚀管路和设备，易受污染，如大气中的灰尘、细菌、杂物等进入水中，使微生物大量繁殖，形成生物污泥，会堵塞管路；从能量损耗方面来说，开式系统的水泵压头比较高，另外水箱或水池等设备易造成无效的能量损耗，闭式系统则相反。但由于闭式系统是封闭的，当水温发生变化时，必须给予其膨胀的余地，所以必须设置膨胀水箱。

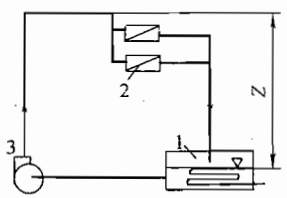


图31-25 开式系统

1—水池；2—空调设备或机组；3—水泵

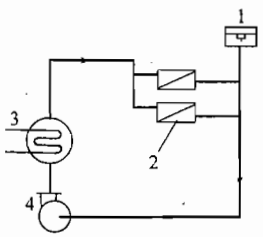


图31-26 闭式系统

1—膨胀水箱；2—空调设备或机组；3—蒸发器；4—水泵

3.5.2 定水量系统和变水量系统

从调节特征看，定水量系统的水量不变，是通过改变水温来适应房间负荷变化的要求；变水量系统是通过改变进入空调装置的水量来满足负荷变化的要求，供回水温度不变，随着水量的变化，输送能耗也随之变化。

在调节手段上，定水量系统负荷侧大部分采用三通阀调节，以维持系统流量不变；变水量系统一般采用双通调节阀调节（见图31-27、图31-28）。

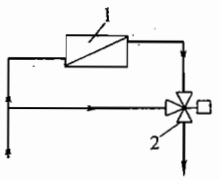


图31-27 用三通阀调节

1—空调设备或风机盘管机组；2—三通阀

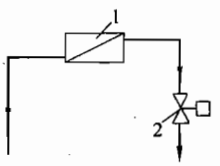


图31-28 用双通调节阀调节

1—空调设备或风机盘管机组；2—双通阀

3.5.3 单式水泵供水系统和复式水泵供水系统

从水泵的配置状况看，空调水系统有冷、热源侧（制冷机、热交换器）和负荷侧（空调设备）合用水泵的单式环路和分别设置水泵的复式环路之分。前者称为单式水泵供水系统方式，适用于中小型建筑物和投资少的场合；后者称为复式水泵供水系统方式，适用于大型建筑物，对于各空调分区负荷变化规律不一和供水作用半径相差悬殊的场合尤其适合，它有利于提高调节品质和减少输送能耗。

图31-29为单式水泵供水系统，图31-30为复式水泵供水系统。为保持冷源（热源）侧水量的恒定，应在供回水干管间设置旁通管路，并应装设压差控制阀，当系统的压差增大而超过控制器设定值时，控制阀就被打开。使一部分系统中的水流经旁通管，降低了系统的压差。压差的减小将导致阀门关小，阀门关小又会使压差增加。压差控制器就是通过改变阀门的开度来维持系统的压差在允许的波动范围内的。

3.5.4 同程式回水系统和异程式回水系统

同程式回水系统（见图31-31）在各机组的水阻

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

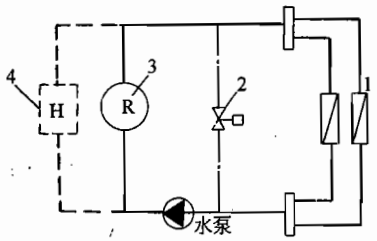


图 31-29 单式水泵供水系统

1—空调设备或风机盘管机组；2—旁通调节阀；3—冷源设备；4—热源设备

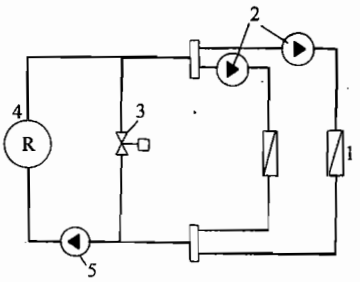


图 31-30 复式水泵供水系统

1—空调设备或风机盘管机组；2—二次泵；3—旁通调节阀；4—冷源设备；5—一次泵

力大致相等时，由于各并联环路的管路总长度基本相等，所以系统的水力稳定性好、流量分配均衡，但管路较复杂，消耗材料较多。

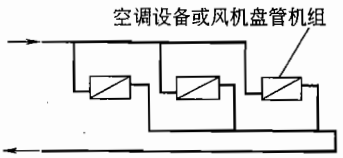


图 31-31 同程式回水系统

异程式回水系统（见图 31-32）的管路配置简单，管材省，但由于各并联环路的管路总长度不相等，存在着各环路间阻力不平衡现象，导致了流量分配的不均匀。如果在水管设计时采取适当措施，使公共管路的阻力小一些；或者在各并联支管上安装流量调节装置，增大并联支管的阻力，则异程式回水系统也可以达到满意的效果。

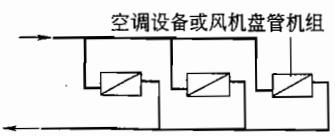


图 31-32 异程式回水系统

3.5.5 水管系统的设计计算

(1) 水力计算

水管系统的水力计算见本手册有关章节。压力管道允许流速按表 31-98 选用。

表 31-98 水管允许流速

管径 DN /mm	允许流速/(m/s)		
	水泵吸水管	水泵压水管	冷却水输水管
<250	1～1.2	1.5～2.0	0.7～1.2
≥250	1.2～1.6	2.0～2.5	1.0～1.3

(2) 管径计算公式

$$DN=10^3\sqrt{\frac{4W}{3600\pi v}}\ \text{mm} \qquad (31\text{-}76)$$

式中 W——制冷水流量，m^3/h；

v——计算流速，m/s。

采用钢管作制冷水管时，管径可按表 31-99 选择。

表 31-99 水管管径选择

水量 W /(m^3/h)	水泵吸水管			水泵压水管		
	管径 DN /mm	流速 v /(m/s)	水头损失 i /(mmH_2O/m)	管径 DN /mm	流速 v /(m/s)	水头损失 i /(mmH_2O/m)
30	100	0.96	19.0	100	0.96	19.0
40	125	0.83	11.0	125	0.83	11.0
50	125	1.05	17.2	125	1.05	17.2
60	150	0.90	10.2	125	1.28	25.0
70	150	1.15	17.2	150	1.15	17.2
80	150	1.19	17.2	150	1.19	17.2
90	150	1.32	21.2	150	1.32	21.2
100	200	0.91	17.6	150	1.48	26.3
150	200	1.37	16.4	200	1.37	16.4
200	225	1.42	15.1	200	1.82	29.1
250	250	1.40	12.7	225	1.78	23.6
300	250	1.60	17.8	250	1.68	18.2
350	300	1.33	8.84	250	1.96	24.8
400	300	1.53	11.8	250	2.20	31.2
450	300	1.72	15.0	300	1.72	15.0
500	325	1.63	12.0	300	1.92	18.4
550	325	1.79	14.4	300	2.08	21.7
600	350	1.68	11.5	325	1.95	17.2

注：$1mmH_2O=9.80665Pa$。

(3) 膨胀水箱

膨胀水箱的容积由系统中水容量和最大的水温变化幅度决定的，可以用式（31-77）计算确定。

$$V_p=\alpha\Delta t v_g\ m^3 \qquad (31\text{-}77)$$

式中 V_p——膨胀水箱有效容积，即由信号管到溢流管之间高差内的容积，m^3；

α——水的体积膨胀系数，$\alpha=0.0006℃^{-1}$；

Δt——最大的水温变化值，℃；

v_g——系统水容量，即系统中管道和设备内存水量的总和，m^3。

系统水容量可以在设计完成后从各管路和设备逐个计算求得，也可参见表 31-100 来确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-100 系统水容量 /L

系 统	供冷时	供暖时
全空气方式	0.40～0.55	1.25～2.00
与机组结合使用的方式	0.70～1.30	1.20～1.90

注：1. 与机组结合使用的方式是指诱导机组或风机盘管机组与全空气系统相结合的方式，表中供暖时的数值是指使用热水锅炉的情况，当使用热交换器时可以取供冷时的数值。

2. 表中数值以每平方米建筑面积计。

由计算得到的膨胀水箱有效容积，即可从采暖通风标准图集 T905（一）、（二）进行配管管径选择，选定规格型号。

空气调节冷热水管的绝热厚度，应按现行国家标准《设备及管道道保冷设计导则》GB/T 15586 的经济厚度和防表面结露厚度的方法计算，建筑物内空气调节冷热水管也可按 GB 50189 附录 C 的规定选用。

3.6 风量计算和气流组织

3.6.1 空调房间送风量计算

空调系统的送风量和新风量，必须根据不同生产工艺的特点，按照所要求的各项参数，通过计算决定。

当已知房间的热负荷 $\sum Q$，湿负荷 $\sum W$。若以 G 表示送风量，根据热湿平衡的原理，即可写出式(31-78)～式(31-80)。

$$G(h_n-h_o)=\sum Q \tag{31-78}$$

$$G(x_n-x_o)=\sum W \tag{31-79}$$

或

$$G=\frac{\sum Q}{h_n-h_o}=\frac{\sum W}{x_n-x_o} \tag{31-80}$$

式（31-80）又可写成

$$\frac{h_n-h_o}{x_n-x_o}=\frac{\sum Q}{\sum W} \tag{31-81}$$

由空气焓湿图，图 31-33 左端表示一根通过室内空气状态点 n 和送风状态点 o 的直线，即为热湿比线 ε。等号右端表示热湿比值等于室内热、湿负荷的比值，即

$$\varepsilon=\frac{\sum Q}{\sum W} \tag{31-82}$$

可以按以下步骤确定送风状态点：首先在 h-x 图上定出室内空气状态点 n，然后通过 n 点作一条数值为 $\varepsilon=\frac{\sum Q}{\sum W}$ 的热湿比线（见图 31-33）。

由图 31-33 可以看出，如果选择的送风点 o 远离点 n，则送风量就愈小，反之送风量变大。对空调系统来说，风量愈小愈经济。但是 o 点与 n 点的距离是有限度的。o 点温度 t_o 太低，使送风量太小，有可能使室内温湿度分布不均匀。另外，t_o 过低（也就是送风温度过低），有时会使室内人员感到“吹冷风”而觉得不舒服。还有一点要注意的是，在一般情况下 t_o 不能低于室内空气露点温度，否则在送风口上会有结露

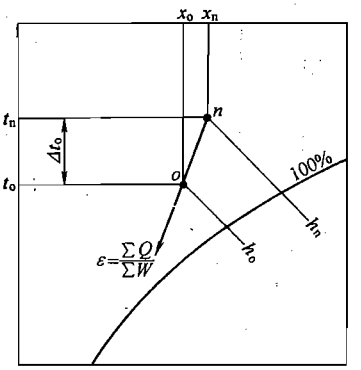


图 31-33 送风状态点的确定

现象。根据实践经验按不同的使用对象规定的合适的送风温度差（$\Delta t_o=t_n-t_o$），见表 31-101 和表31-102根据选定的送风温差就可确定送风温度 $t_o=t_n-\Delta t_o$。在焓湿图上 t_o 线与 ε 线的交点就是送风状态点 o。

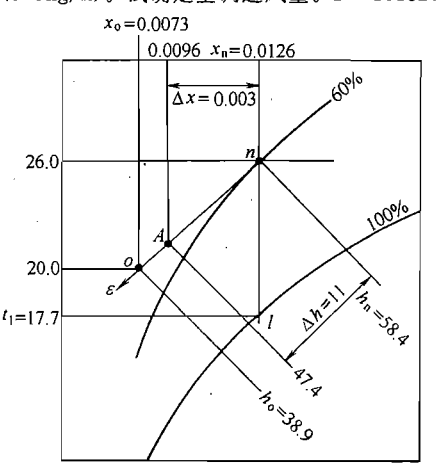
表 31-101 按室温允许波动值确定送风温差

室温允许波动值/℃	送风温差 Δt_o/℃
±0.1～±0.2	2～3
±0.5	3～6
±1.0	6～10
>±1.0	≤15

表 31-102 按送风口形式确定送风温差

送风口安装高度/m	散流器		普通侧送风口	
	圆形	方形	风量大	风量小
3	16.5	14.5	8.5	11.0
4	17.5	15.5	10.0	13.0
5	18.0	16.0	12.0	15.0
6	18.0	16.0	14.0	16.5

例 某房间要求维持 $t_n=(26.0\pm1.0)$℃，$RH_n=60\%$。经计算有冷负荷 $\sum Q=10$kW 和湿负荷 $\sum W=0.00272$ kg/s(9.8kg/h)。试确定空调送风量。$P=101325$Pa。



例题附图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

解 该房间的热湿比值是

$$\varepsilon=\frac{\sum Q}{\sum W}=\frac{10}{0.00272}=3670\text{kJ/kg}$$

在焓湿图上定出室内状态点 n，然后在右下角的半圆中找出数值为 3670kJ/kg 的热湿比线，并平移至通过 n 点的位置。也可以在 n 点用作图法直接绘出此线，方法如下。

任选一点，其 $x=x_n-\Delta x$，如果此点在热湿比线上，则此点的焓值 h 必能满足下式：

$$\frac{h_n-h}{x_n-x}=\frac{\Delta h}{\Delta x}=\varepsilon$$

$$\Delta h=\varepsilon\Delta x$$

现任意采用 $\Delta x=0.003$kg/kg 干，则

$$\Delta h=3670\times0.003=11.0\text{kJ/kg 干}$$

该任意点的焓和湿量是

$$h=h_n-\Delta h=58.4-11=47.4\text{kJ/kg 干}$$

$$x=x_n-\Delta x=0.0126-0.003=0.0096\text{kg/kg 干}$$

按上述 h 和 x，在图上确定 A 点，连接 n 点和 A 点的直线即是热湿比线（例题附图）。参照表 31-101 选定送风温差为 $\Delta t_o=6.0$℃，则送风温度应是

$$t_o=t_n-\Delta t_o=26.0-6.0=20.0℃$$

在附图上找到等温线 $t_o=20.0$℃ 与热湿比线 ε 的交点，这就是送风点 o，该点的参数 $h_o=38.9$kJ/kg，$x_o=0.0073$kg/kg 干。这样，就可以计算送风量。

$$G=\frac{\sum Q}{h_n-h_o}=\frac{10}{58.4-38.9}=0.513\text{kg/s}$$

或

$$G=\frac{\sum W}{x_n-x_o}=\frac{0.00272}{0.0126-0.0073}=0.513\text{kg/s}$$

两种方法算得的风量是相等的，表明作图无误。

室内空气的露点温度从图上读得是 $t_l=17.7$℃。送风温度高于露点温度，满足要求。

空气调节区的换气次数，应符合下列规定：

① 舒适性空气调节每小时不宜小于 5 次，但高大空间的换气次数应按其冷负荷通过计算确定；

② 工艺性空气调节不宜小于表 31-103 所列的数值。

表 31-103 工艺性空气调节换气次数

室温允许波动范围/℃	每小时换气次数	附 注
±1.0	5	高大空间除外
±0.5	8	—
±0.1～0.2	12	工作时间不送风的除外

3.6.2 空调房间新风量计算

空气调节系统的新风量，应符合下列规定：

① 不小于人员所需新风量，以及补偿排风和保持室内正压所需风量两项中的较大值；

② 人员所需新风量应满足 GB 50019—2003《采暖通风与空气调节设计规范》第 3.1.9 条的要求，并根据人员的活动和工作性质以及在室内的停留时间等因素确定。

a. 民用建筑，可参照表 31-77。

b. 对工业空调，按补偿排风、保持室内正压或保证每人不小于 30m³/h 的新风量的最大值确定。

从保持正压或负压的房间的门缝、窗缝和其他缝隙中渗漏的风量 L_x 可按式（31-83）计算。

$$L_x=al\Delta p^{1/n}\ \text{m}^3/\text{h} \qquad (31\text{-}83)$$

式中 l——缝隙长度，m；

Δp——室内要求保持正压或负压值，mmH_2O，$1mmH_2O=9.80665$Pa；

n——常数，一般 n 值在 1～2 之间，对于没有进行过渗漏试验的窗，则可取 $n=1.5$；

a——随门、窗的型式不同而异，密封程度好的，$a=1\sim3$；一般的，$a=3\sim8$；不好的，$a=8\sim40$。

缝隙长度 l 的计算，均以门、窗等轮廓线的总长度为缝隙计算长度。

3.6.3 气流组织方式和适用范围

空调房间的气流流型主要取决于送风射流，送风口的型式及位置将直接影响送风射流，而回风口对于室内气流流型和区域温差的影响均较小。

① 空调房间气流组织的常用送风方式有 6 种，如图 31-34～图 31-39 所示。对于室温波动范围要求严格的空调大多采用前三种送风方式，其主要性能见表 31-104。

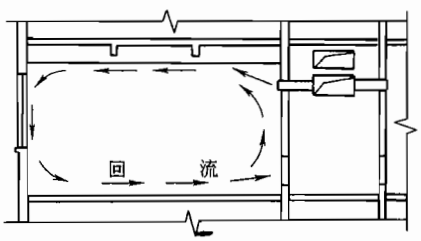


图 31-34 侧送

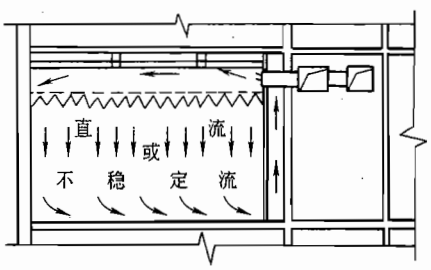


图 31-35 孔板送风

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

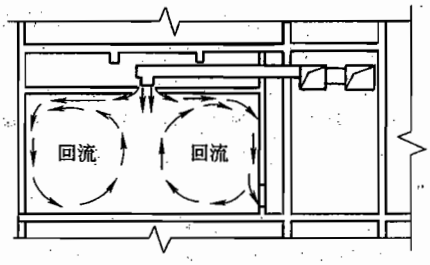


图 31-36 散流器平送风

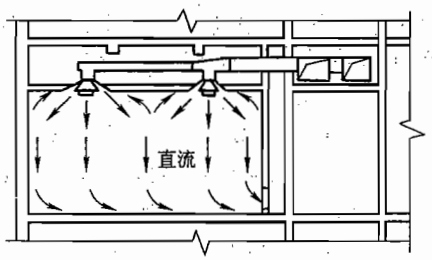


图 31-37 散流器下送风

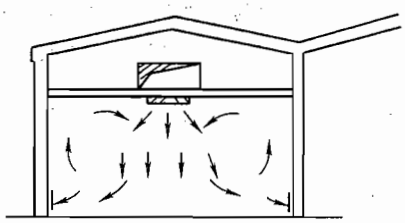


图 31-38 条缝送风

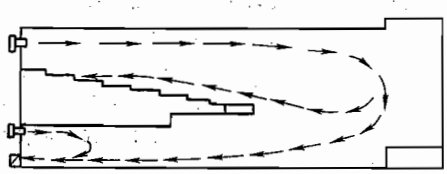


图 31-39 喷口送风

a. 侧送 这是空调工程中最常用的一种气流组织方式。一般以贴附射流形式出现，工作区通常是回流。对于室温允许波动范围要求不太高的空调房间，一般能满足工作区温度分布（区域温差）的要求。除区域温差或工作区风速要求很严格，或送风射程很短，不能满足射流扩散和温差衰减的要求外，宜采用这种方式。

b. 孔板送风 它的特点是射流的扩散和混合较好，射流的混合过程很短，温差和风速衰减快，工作区温度和速度分布均匀。按照送冷风还是送热风、送风温差和单位面积送风量大小等条件，在工作区域内气流流型有时是不稳定流，有时是平行流。孔板送风时，风速均匀而较小，区域温差亦很小。对于区域温差和工作区风速要求严格、单位面积送风量比较大、室温允许波动范围较小的空调房间，宜采用孔板送风的方式。

c. 散流器平送风和下送风 散流器平送和侧送一样，工作区总是处于回流区，只是送风射流的射程和回流的流程都比侧送短。空气由散流器送出时，通常沿着顶棚和墙面形成贴附射流，射流扩散较好，区域温差一般能够满足要求。由于应用散流器平送时应设置顶棚，管道暗装在顶棚内，导致建筑物层高的增加。一般都在建筑上已经考虑设置或可以设置顶棚（或技术层）的一些空调工程中应用。对散流器下送的方式，当采用顶棚密集布置向下送风时，有可能形成平行流使工作区风速分布均匀。这可用于有洁净度要求的房间，其单位面积送风量一般都比较大。由于下送射流流程短，工作区内有较大的横向区域温差，又由于顶棚密集布置散流器，使管道布置较复杂，仅适用于少数工作区要求保持平行流和建筑层高较高的一些空调房间。

d. 喷口送风 这是大型建筑（如体育馆、礼堂、剧院、通用大厅）以及高大空间（如工业厂房、地铁车站）常用的一种送用方式。由高速喷口送出的射流带动室内空气进行强烈混合，使射流流量成倍地增加，射流截面积不断扩大，速度逐渐衰减，室内形成大的回旋气流，工作区一般是回流。这种送风方式具有射程远、送风系统简单、投资较省、一般能够满足工作区舒适条件的特点。它在高大空间空调中用得较多。

e. 条缝送风 条缝送风属于扁平射流，它与喷口送风相比，射程较短，温差和速度衰减较快。一些散热量大的、只要求降温的房间可采用这种送风方式。在我国的纺织厂，目前绝大部分采用条缝型均匀送风方式，在民用和公共建筑中，还可采用与灯具配合布置的条缝送风方式。

送风口的出口风速应根据送风方式、送风口类型、安装高度、室内允许风速和噪声标准等因素确定。消声要求较高时，宜采用2～5m/s，喷口送风可采用4～10m/s。

表 31-104 三种主要气流组织方式的性能

项 目	侧 送	散流器送风		孔板送风
		平 送	下 送	
送风口位置	侧上方	顶棚	顶棚	顶棚
回风口位置	侧下方或上方	侧下方、下方或顶棚	侧下方或下方	侧下方或地板
工作区应有的流型	回流	回流	平行流	不稳定流或平行流
混合层高度/m	0.3～0.5	0.2～0.5	1.0～3.0	0.15～0.30
房间高度下限/m	2.5～3.0	2.5～3.0	3.0～4.0	2.2～2.5
区域温差/℃	较小	较小	较大	很小
工作区平均风速/(m/s)	0.05～0.40	0.05～0.40	0.02～0.20	0.02～0.10

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 回风口的布置方式，应符合下列要求。

a. 回风口不应设在射流区内和人员长时间停留的地点；采用侧送时，宜设在送风口的同侧下方。

b. 条件允许时，宜采用集中回风或走廊回风，但走廊的横断面风速不宜过大且应保持走廊与非空气调节区之间的密封性。

回风口的吸风速度，宜按表31-105选用。

表31-105 回风口的吸风速度

回风口的位置		最大吸风速度/(m/s)
房间上部		≤4.0
房间下部	不靠近人经常停留的地点时	≤3.0
	靠近人经常停留的地点时	≤1.5

3.7 空气处理

在空调系统中，为满足空调房间送风的要求，必须对空气进行热、湿和净化处理后才能送入房间。空气处理途径和相应的处理设备有多种，本节仅介绍应用较广的表面式换热器。

3.7.1 表面式换热器

常用的表面式换热器有空气加热器和表面冷却器。

空气加热器以热水或蒸汽为热媒。表面冷却器以冷水或冷剂为冷媒。本章主要介绍以冷水为冷媒的表面冷却器。常用表面式换热器的型号和结构参数见表31-106～表31-109。

表31-106 常用表面式换热器的型号和结构参数

型号及名称		JW型表面冷却器	UⅡ型表面换热器	GL型表面换热器	SXL-B型表面换热器	KL-2型表面冷却器	CR型表面换热器
肋片特性	形式	光滑绕片	皱褶绕片	皱褶绕片	镶片	轧片	整体穿片
	材料	铝	紫铜	钢	铝	铝	铝
	平均片厚/mm	0.3	0.2	0.3	0.4	0.3	0.2
	片高/mm	8	10	10	16	9	
	片距/mm	3.0	3.2	3.2	2.32	2.5	3.2
管子特性	材料	钢	紫铜	钢	钢	铝	紫铜
	外径/mm	16	16	18	25	20	16
	内径/mm	12	14	14	19	16	15
	内截面积/cm²	1.13	1.54	1.54	2.83	2.01	1.77
每米肋管表面积/m²	总外表面积 F_w	0.453	0.55	0.64	1.825	0.775	
	内表面积 F_n	0.038	0.044	0.044	0.060	0.0503	0.047
肋化系数 F_w/F_n		11.9	12.3	14.56	30.4	15.4	
肋通系数 a		12.52	15.8	15.8	28.5	19.3	

注：1. 肋通系数 a=每排肋管外表面积/迎风面积。

2. 管簇排列方式均为叉排。

3. 肋管总外表面积，即其每米管长的散热面积。

表31-107 GLⅡ型空气换热器规格尺寸

表面管数	B /mm	通水管断面积 /m²	表面管长/in	24	30	42	54	78
			A/mm	700	850	1150	1450	2050
6	318	0.00092	二排散热面积 F/m²	4.7	5.84	8.12		
			四排散热面积 F/m²	9.4	11.68	16.24		
			迎风面积 F_y/m²	0.157	0.196	0.273		
			通风净截面积/m²	0.083	0.104	0.145		
10	474	0.00154	二排散热面积 F/m²	7.82	9.72	13.56	17.42	25.08
			四排散热面积 F/m²	15.64	19.44	27.12	34.84	50.16
			迎风面积 F_y/m²	0.253	0.315	0.438	0.563	0.812
			通风净截面积/m²	0.134	0.167	0.233	0.298	0.430
15	669	0.00231	二排散热面积 F/m²	11.72	14.58	20.34	26.12	37.62
			四排散热面积 F/m²	23.44	29.16	40.68	56.24	75.24
			迎风面积 F_y/m²	0.372	0.463	0.645	0.828	1.192
			通风净截面积/m²	0.197	0.245	0.342	0.438	0.632
24	1020	0.00370	二排散热面积 F/m²	18.8	23.32	32.54	41.80	60.20
			四排散热面积 F/m²	37.6	46.64	65.08	83.60	120.40
			迎风面积 F_y/m²	0.585	0.729	1.016	1.307	1.881
			通风净截面积/m²	0.310	0.386	0.538	0.693	0.998

注：表面管数为6、10时，进出水管接头为 $DN25$；表面管数为15、24时，进出水管接头为 $DN50$。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-108 UⅡ型空气换热器规格尺寸

表面管数	B /mm	通水管断面积 /m²	表面管长/in	24	30	42	54	78
			A/mm	700	850	1150	1450	2050
1	2	3	4	6	7	8	9	10
4	224	0.00062	每排散热面积 F_d/m²	1.5	1.88	2.63		
			迎风面积 F_y/m²	0.087	0.109	0.153		
			通风净截面积/m²	0.058	0.073	0.102		
8	366	0.00123	每排散热面积 F_d/m²	3	3.75	5.25		
			迎风面积 F_y/m²	0.174	0.217	0.303		
			通风净截面积/m²	0.104	0.13	0.182		
12	510	0.00185	每排散热面积 F_d/m²	4.5	5.63	7.875	10.125	14.625
			迎风面积 F_y/m²	0.26	0.325	0.455	0.585	0.845
			通风净截面积/m²	0.144	0.18	0.252	0.324	0.468
18	722	0.00277	每排散热面积 F_d/m²	6.75	8.44	11.815	15.19	21.94
			迎风面积 F_y/m²	0.39	0.488	0.684	0.88	1.272
			通风净截面积/m²	0.216	0.27	0.378	0.486	0.702
24	934	0.00370	每排散热面积 F_d/m²	9	11.25	15.75	20.25	24.25
			迎风面积 F_y/m²	0.52	0.65	0.91	1.17	1.69
			通风净截面积/m²	0.288	0.36	0.504	0.648	0.936

注：表面管数为4、8时，进出水管接头为 *DN*25；表面管数为12、18、24时，进出水管接头为 *DN*50。

表 31-109 SRZ 型空气加热器技术数据

规 格	散热面积/m²	通风有效截面积 /m²	热媒流通截面 /m²	管排数	管根数	连接管径 *DN*	质量/kg
5×5D	10.13	0.154					54
5×5Z	8.78	0.155					48
5×5X	6.23	0.158					45
10×5D	19.92	0.302	0.0043	3	23	32	93
10×5Z	17.26	0.306					84
10×5X	12.22	0.312					76
12×5D	24.86	0.378					113
6×6D	15.33	0.231					77
6×6Z	13.29	0.234					69
6×6X	9.43	0.239	0.0055	3	29	32	63
10×6D	25.13	0.381					115
10×6Z	21.77	0.385					103
10×6X	15.42	0.393					93
12×6D	31.35	0.475					139
15×6D	37.73	0.572	0.0055	3	23	32	164
15×6Z	32.67	0.579					146
15×6X	23.13	0.591					139
7×7D	20.31	0.320					97
7×7Z	17.60	0.324					87
7×7X	12.48	0.329					79
10×7D	28.59	0.450					129
10×7Z	24.77	0.456					115
10×7X	17.55	0.464					104
12×7D	35.67	0.563	0.0063	3	33	50	156
15×7D	42.93	0.678					183
15×7Z	37.18	0.685					164
15×7X	26.32	0.698					145
17×7D	49.90	0.788					210
17×7Z	43.21	0.797					187
17×7X	30.58	0.812					169
22×7D	62.75	0.991					260
15×10D	61.14	0.921					255
15×10Z	52.95	0.932					227
15×10X	37.48	0.951					203
17×10D	71.06	1.072	0.0089	3	47	32	293
17×10Z	61.54	1.085					260
17×10X	43.56	1.106					232
20×10D	81.27	1.226					331

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.7.2 表面式换热器的计算方法

(1) 空气加热器的热工计算方法

空气加热器的热工计算分为两种类型，即设计性计算和校核性计算，见表31-110。

表31-110 加热器的热工计算类型

计算类型	已知条件	计算内容
设计性计算	空气量 G 空气初、终温度 t_1、t_2 蒸汽参数 $p(t_q)$	加热器型号，台数，排数(加热面积 F)
	空气量 G 空气初、终温度 t_1、t_2 热水量 W	加热器型号，台数，排数(加热面积 F) 热水初温 t_{w1}，排水终温 t_{w2}
	空气量 G 空气初、终温度 t_1、t_2 热水初温 t_{w1}	加热器型号，台数，排数(加热面积 F) 热水终温 t_{w2} 热水量 W
校核性计算	空气量 G 空气初温 t_1 加热器型号，台数，排数(加热面积 F) 热水初温 t_{w1} 热水量 W	空气终温 t_2 热水终温 t_{w2}

设计性计算只要满足加热器供给的热量 Q' 等于加热空气需要的热量 Q。即

$$Q=Gc_p(t_2-t_1) \tag{31-84}$$

$$Q'=KF\Delta t_m \tag{31-85}$$

式中 t_1，t_2——空气的初终温度，℃；

Δt_m——传热温差，℃；

$$\Delta t_m=\frac{\Delta t_{max}-\Delta t_{min}}{\ln\frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}\ ℃ \tag{31-86}$$

式中 Δt_{max}——空气与冷（热）媒的大值温差，℃；

Δt_{min}——空气与冷（热）媒的小值温差，℃。

当 $\Delta t_{max}/\Delta t_{min}<2$ 时，可以采用

$$\Delta t_m=\frac{t_{w1}+t_{w2}}{2}-\frac{t_1+t_2}{2}$$

式中 t_{w1}，t_{w2}——冷（热）媒的进出口温度/℃。

对于以蒸汽为热媒时

$$\Delta t_m=t_q-\frac{t_1+t_2}{2}\ ℃ \tag{31-87}$$

式中 t_q——蒸汽温度/℃。

蒸汽温度与压力的关系见表31-111。

校核性计算则还应满足加热器能达到的热交换效率系数 ε_1 应该等于空气处理过程需要的热交换效率系数 ε_1。此时 ε_1 的定义式应为

$$\varepsilon_1=\frac{t_2-t_1}{t_{w1}-t_1}=\frac{1-e^{-\beta(1-\gamma)}}{1-\gamma e^{-\beta(1-\gamma)}}=f(v_a,v_w) \tag{31-88}$$

$$\beta=\frac{KF}{Gc_p}\quad \gamma=\frac{Gc_p}{WC}$$

表31-111 饱和水蒸气压力与温度关系

压力/kPa	温度/℃
101.3	100
143	110
199	120
270	130
362	140
476	150
618	160
792	170
1003	180

(2) 表面冷却器的热工计算方法

同空气加热器一样，表面冷却器的热工计算亦分为设计性和校核性计算，见表31-112。

表31-112 表面冷却器的热工计算类型

计算类型	已知条件	计算内容
设计性计算(1)	空气量 G 空气初状态 t_1，t_{s1}(h_1…) 空气终状态 t_2，t_{s2}(h_2…) 冷水量 W	冷却器型号，台数，排数(冷却面积 F) 冷水初温 t_{w1}，终温 t_{w2}
设计性计算(2)	空气量 G 空气初状态 t_1，t_{s1}(h_1…) 空气终状态 t_2，t_{s2}(h_2…) 冷水初温 t_{w1}	冷却器型号，台数，排数(冷却面积 F) 冷水终温 t_{w2} 冷水量 W
校核性计算	空气量 G 空气初状态 t_1，t_{s1}(h_1…) 冷却器型号，台数，排数(冷却面积 F) 冷水初温 t_{w1} 冷水量 W	空气终状态 t_2，t_{s2}(h_2…) 水终温 t_{w2}

无论是设计性计算还是校核性计算，均应满足以下要求。

① 表面冷却器能达到的 ε_1 应等于空气处理过程需要的 ε_1；

② 表面冷却器能达到的 ε_2 应等于空气处理过程需要的 ε_2；

③ 表面冷却器能吸收的热量应等于空气放出的热量。

即

$$\varepsilon_1=\frac{t_1-t_2}{t_1-t_{w1}}=\frac{1-e^{-\beta(1-\gamma)}}{1-\gamma e^{-\beta(1-\gamma)}}=f(v_a,v_w,\zeta) \tag{31-89}$$

$$\varepsilon_2=1-\frac{t_2-t_{s2}}{t_1-t_{s1}}=1-e^{-\frac{a_wF}{Gc_p}}=f(v_a,N) \tag{31-90}$$

$$Q=G(h_1-h_2)=Wc(t_{w2}-t_{w1}) \tag{31-91}$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

一般情况下，水冷式表面冷却器的冷水进口温度应比空气的出口干球温度至少低3.5℃，冷水温升在2.5～6.5℃为宜，管内水流速采用0.6～1.8m/s。

(3) 表面式换热器的安全系数

表面式换热器，无论是空气加热器或表面冷却器，在运行后内外表面结垢，将影响传热效果。所以为安全考虑，在选择表面式换热器时应考虑一定的安全系数。

空气加热器一般采用增加传热面积的方法，实际传热面积应为计算面积的1.1～1.2倍。

表面冷却器则采用降低一些计算进口水温的方法考虑安全系数。

3.8 空气调节系统的冷热源设计

3.8.1 空气调节系统的冷热源选用原则

① 空气调节系统的冷、热源宜采用集中设置的冷（热）水机组，机组或设备的选择应根据建筑规模、使用特征，结合当地能源结构及其价格政策、环保规定等按下列原则经综合论证后确定。

a. 具有城市、区域供热或工厂余热时，宜作为采暖或空调的热源。

b. 具有热电厂的地区，宜推广利用电厂余热的供热、供冷技术。

c. 具有充足的天然气供应的地区，宜推广应用分布式热电冷联供和燃气空气调节技术，实现电力和天然气的削峰填谷，提高能源的综合利用率。

d. 具有多种能源（热、电、燃气等）的地区，宜采用复合式能源供冷、供热技术。

e. 具有天然水资源或地热源可供利用时，宜采用水（地）源热泵供冷、供热技术。

f. 在执行分时电价、峰谷电价差较大的地区，空气调节系统采用低谷电价时段蓄冷（热）能明显节电及节省投资时，可采用蓄冷（热）系统供冷（热）。

② 除了符合下列情况之一外，不得采用电热锅炉、电热水器作为直接采暖和空气调节系统的热源：

a. 电力充足、供电政策支持和电价优惠地区的建筑；

b. 以供冷为主，采暖负荷较小且无法利用热泵提供热源的建筑；

c. 无集中供热与燃气源，用煤、油等燃料受到环保或消防严格限制的建筑；

d. 夜间可利用低谷电进行蓄热、且蓄热式电锅炉不在日间用电高峰和平段时间启用的建筑；

e. 利用可再生能源发电地区的建筑；

f. 内、外区合一的变风量系统中需要对局部外区进行加热的建筑。

③ 空气的蒸发冷却采用江水、湖水、地下水等天然冷源时，应符合下列要求：

a. 水质符合卫生要求；

b. 水的温度、硬度等符合使用要求；

c. 使用过后的回水予以再利用；

d. 地下水使用过后的回水全部回灌并不得造成污染。

另外，当空气调节系统采用制冷剂直接膨胀式空气冷却器时，不得用氨作制冷剂。

3.8.2 电动压缩式冷水机组

① 水冷电动压缩式冷水机组的机型，宜按表31-113内的制冷量范围，经过性能价格比进行选择。

表31-113 水冷式冷水机组选型范围

单机名义工况制冷量/kW	冷水机组机型
≤116	往复式、涡旋式
116～700	往复式
	螺杆式
700～1054	螺杆式
1054～1758	螺杆式
	离心式
≥1758	离心式

注：名义工况指出水温度7℃，冷却水温度30℃。

② 水冷、风冷式冷水机组的选型，应采用名义工况制冷性能系数（COP）较高的产品。制冷性能系数（COP）应同时考虑满负荷与部分负荷因素。

③ 在有工艺用氨制冷的冷库和工业等建筑，其空气调节系统采用氨制冷机房提供冷源时，必须符合下列条件：

a. 应采用水/空气间接供冷方式，不得采用氨直接膨胀空气冷却器的送风系统；

b. 氨制冷机房及管路系统设计应符合国家现行标准《冷库设计规范》(GB 50072) 的规定。

④ 采用氨冷水机组提供冷源时，应符合下列条件：

a. 氨制冷机房单独设置且远离建筑群；

b. 采用安全性、密封性能良好的整体式氨冷水机组；

c. 氨冷水机排氨口排气管，其出口应高于周围50m范围内最高建筑物屋脊5m；

d. 设置紧急泄氨装置。当发生事故时，能将机组氨液溶于水中（每1kg的氨液至少提供17L的水）排至经有关部门批准的储罐或水池。

3.8.3 热泵

① 空气源热泵机组的选型，应符合下列要求。

a. 电机驱动压缩机的蒸气压缩循环冷水（热泵）机组在额定制冷工况和规定条件下，性能系数（*COP*）不应低于表31-114的规定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-114　冷水（热泵）机组制冷性能系数

类　型		额定制冷量/kW	性能系数/(W/W)
水冷	活塞式/涡旋式	<528	3.8
		528～1163	4.0
		>1163	4.2
	螺杆式	<528	4.10
		528～1163	4.30
		>1163	4.60
	离心式	<528	4.40
		528～1163	4.70
		>1163	5.10
风冷或蒸发冷却	活塞式/涡旋式	≤50	2.40
		>50	2.60
	螺杆式	≤50	2.60
		>50	2.80

b. 名义制冷量大于 7100W、采用电机驱动压缩机的单元式空气调节机、风管送风式和屋顶式空气调节机组时，在名义制冷工况和规定条件下，其能效比（*EER*）不应低于表 31-115 的规定。

表 31-115　单元式机组能效比

类　型		能效比/(W/W)
风冷式	不接风管	2.60
	接风管	2.30
水冷式	不接风管	3.00
	接风管	2.70

c. 具有先进可靠的融霜控制，融霜所需时间总和不应超过运行周期时间的 20%。

d. 应避免对周围建筑物产生噪声干扰，符合国家现行标准《城市区域环境噪声标准》（GB 3096—82）的要求。

e. 在冬季寒冷、潮湿的地区，需连续运行或对室内温度稳定性有要求的空气调节系统，应按当地平衡点温度确定辅助加热装置的容量。

② 空气源热泵冷热水机组冬季的制热量，应根据室外空气调节计算温度修正系数和融霜修正系数，按下式进行修正：

$$Q=qK_1K_2 \tag{31-92}$$

式中　Q——机组制热量，kW；

q——产品样本中的瞬时制热量（标准工况：室外空气干球温度 7℃、湿球温度 6℃），kW；

K_1——使用地区室外空气调节计算干球温度的修正系数，按产品样本选取；

K_2——机组融霜修正系数，每小时融霜一次取 0.9，两次取 0.8。

注：每小时融霜次数可按所选机组融霜控制方式、冬季室外计算温度、湿度选取或向生产厂家咨询。

③ 水源热泵机组采用地下水、地表水时，应符合以下原则。

a. 机组所需水源的总水量应按冷（热）负荷、水源温度、机组和板式换热器性能综合确定。

b. 水源供水应充足稳定，满足所选机组供冷、供热时对水温和水质的要求，当水源的水质不能满足要求时，应相应采取有效的过滤、沉淀、灭藻、阻垢、除垢和防腐等措施。

c. 采用集中设置的机组时，应根据水源水质条件确定水源直接进入机组换热或另设板式换热器间接换热；采用分散小型单元式机组时，应设板式换热器间接换热。

④ 水源热泵机组采用地下水为水源时，应采用闭式系统；对地下水应采取可靠的回灌措施，回灌水不得对地下水资源造成污染。

⑤ 采用地下埋管换热器和地表水盘管换热器的地源热泵时，其埋管和盘管的形式、规格与长度，应按冷（热）负荷、土地面积、土壤结构、土壤温度、水体温度的变化规律和机组性能等因素确定。

⑥ 采用水环热泵空气调节系统时，应符合下列规定。

a. 循环水水温宜控制在 15～35℃。

b. 循环水系统宜通过技术经济比较确定采用闭式冷却塔或开式冷却塔。使用开式冷却塔时，应设置中间换热器。

c. 辅助热源的供热量应根据冬季白天高峰和夜间低谷负荷时的建筑物的供暖负荷、系统可回收的内区余热等，经热平衡计算确定。

4　空气净化

4.1　一般原则

4.1.1　空气洁净度等级的确定

① 洁净室内有多种工序时，应根据各工序不同的要求，采用不同的空气洁净度等级。

② 医药工业药品生产有关工序的洁净级别和洁净区的划分，应参照《药品生产质量管理规范》（1998 年修订）中制剂和原料药工艺内容及环境区域划分而定。药品生产洁净室（区）的空气洁净度划分为四个等级，空气洁净度见表 31-116。

③ 在满足生产工艺要求的前提下，首先应采用低洁净等级的洁净室或局部空气净化；其次可采用局部工作区空气净化和低等级全室空气净化相结合或采用全面空气净化。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-116 医药工业洁净厂房空气洁净度

洁净度级别	尘粒最大允许数/m³		微生物最大允许数	
	≥0.5μm	≥5μm	浮游菌/m³	沉降菌/皿
100 级	3500	0	5	1
10000 级	350000	2000	100	3
100000 级	3500000	20000	500	10
300000 级	10500000	60000	—	15

4.1.2 净化空气调节系统设置原则

凡属下述情况之一者，净化空气调节系统宜分开设置。

① 层流洁净室的净化空气调节系统与乱流洁净室的净化空气调节系统。

② 有高效空气过滤器的净化空气调节系统与一般的空气调节系统。

③ 运行班次和使用时间不同的房间。

④ 温湿度控制要求差别大的净化空气调节系统。

4.1.3 洁净室内的温度和湿度

① 洁净室内的温度和湿度，以穿着洁净工作服不产生不舒服感为宜，一般情况下 100 级、10000 级洁净区控制温度为 20～24℃，相对湿度为 45%～60%；100000 级、300000 级洁净区控制温度为 18～26℃，相对湿度为 45%～65%。

② 生产特殊品种洁净室的温度和湿度，应根据生产工艺要求确定。

③ 人员净化及生活用室的温度，冬季为 16～20℃，夏季为 26～30℃。

4.1.4 洁净室内的噪声控制

洁净室内的噪声应控制在允许的范围内，以保证工作正常进行。洁净室内噪声允许值有如下取值。

① 当净化空调系统处于正常运行状态（包括局部净化设备），室内无生产设备、材料及人员时（空态），非单向流洁净室的噪声级不得超过 60dB（A）。

② 当净化空调系统处于正常运行状态（包括局部净化设备），室内无生产设备、材料及人员时（空态），单向流、混合流洁净室的噪声级不得超过 65dB（A）。

净化空调系统应尽量采取隔声、消声、隔振等措施，排风系统除事故排风外均需采取降噪措施以保证系统的噪声达到允许值。

4.1.5 洁净室内的新鲜空气量

洁净室的新鲜空气量不应小于下列两项风量的最大值。

① 补偿室内排风和保持室内正压所需的新鲜空气量。

② 保证各房间每人每小时不小于 40m³ 的新鲜空气量。

4.2 洁净室设计的综合要求

按工艺流程布置合理、紧凑，避免人流物流混杂的前提下，为提高净化效果，凡有空气洁净度要求的房间，宜按下列要求布局。

① 空气洁净度高的房间或区域，宜布置在人员最少到达的地方，并宜靠近空调机房。

② 不同洁净级别的房间或区域，宜按空气洁净度的高低由里向外布置。

③ 空气洁净度相同的房间或区域，宜相对集中。

④ 洁净室内要求空气洁净度高的工序，应布置在上风侧，易产生污染的工艺设备应布置在靠近回风口位置。

⑤ 不同空气洁净度房间之间相互联系，要有防止污染措施，如气闸室、缓冲间或传递窗（柜）。

⑥ 净化空气调节系统应合理利用回风。下列情况净化空气调节系统的空气不应循环使用。

a. 生产过程散发粉尘的洁净室（区），其室内空气如经处理仍不能避免交叉污染时。

b. 生产中使用有机溶煤，且因气体积聚可构成爆炸或火灾危险的工序。

c. 病原体操作区。

d. 放射性药品生产区。

e. 生产过程中产生大量有害物质、异味或挥发性气体的生产工序。

⑦ 对面积较大、洁净度较高、位置集中及消声、振动控制要求严格的洁净室，宜采用集中式空气净化系统，反之，可用分散式空气净化系统。

⑧ 洁净室内产生粉尘和有毒气体的工艺设备，应设局部除尘和排风装置。

有防爆要求的除尘系统，应采用有泄爆和防静电装置的防爆除尘器。防爆除尘器应布置在排尘系统的负压段，并设在独立的机房内或室外。

⑨ 洁净室内排风系统应有防倒灌或过滤措施，以免室外空气流入。含有易燃、易爆物质局部排风系统应有防火、防爆措施。

对直接排放会超过国家排放标准的气体，排放时应有处理措施。对含有水蒸气和凝结性物质的排风系统，应设坡度及排放口。

⑩ 为了防止交叉污染，生产或分装青霉素等强致敏药物以及某些甾体药物、高活性有毒害药物的净化空调系统应与生产其他药物的净化空调系统完全分开，其排风口与其他生产药物的净化空调系统的新风口之间应相隔一定的距离。

⑪ 青霉素等特殊药品生产区的空气的排风均应经高效空气过滤器过滤后排放。二类危险度以上病原体操作区及生物安全室，应将排风系统的高

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

效空气过滤器安装在洁净室（区）内的排风口处。将由这些药物或病原体引起的污染危险降低到最低限度。

4.3　洁净室正压控制

① 洁净室必须维持一定正压，不同等级的洁净室及洁净区与非洁净区之间的静压差，应不小于5Pa；洁净区与室外静压差，不应小于10Pa。

② 洁净室维持不同的正压值所需的正压风量，宜按式（31-93）计算。

$$Q=a\sum(qL) \qquad (31\text{-}93)$$

式中　a——修正系数，根据围护结构气密性的好坏，取值1.1～1.3；

q——围护结构单位长度缝隙的渗漏风量，见表31-117，$m^3/(h\cdot m)$；

L——围护结构的缝隙总长度，m。

表31-117　围护结构单位长度缝隙的渗漏风量

/[m^3/（h·m）]

压差/Pa	门窗形式						
	非密闭门	密闭门	单层固定密闭木窗	单层固定密闭钢窗	单层开启式密闭钢窗	传递窗	壁板
5	17	4	1.0	0.7	3.5	2.0	0.3
10	24	6	1.5	1.0	4.5	3.0	0.6
15	30	8	2.0	1.3	6.0	4.0	0.8
20	36	9	2.5	1.5	7.0	5.0	1.0
25	40	10	2.8	1.7	8.0	5.5	1.2
30	44	11	3.0	1.9	8.5	6.0	1.4
35	48	12	3.5	2.1	9.0	7.0	1.5
40	52	13	3.8	2.3	10.0	7.5	1.7
45	55	15	4.0	2.5	10.5	8.0	1.9
50	60	16	4.4	2.6	11.5	9.0	2.0

当多间洁净室的各间门窗数量、形式和围护结构的严密程度基本相同时，可采用换气次数法，见表31-118。

表31-118　保持室内正压所需的换气次数

/（次/h）

室内正压值/Pa	无外窗的房间	有外窗，密封性较好的房间	有外窗，密封性稍差的房间
5	0.6	0.7	0.9
10	1.0	1.2	1.5
15	1.5	1.8	2.2
20	2.1	2.5	3.0
25	2.5	3.0	3.6
30	2.7	3.3	4.0
35	3.0	3.8	4.5
40	3.2	4.2	5.0
45	3.4	4.7	5.7
50	3.6	5.3	6.5

③ 洁净室的正压控制应通过控制送风量大于回风量和排风量之和的办法来保持，控制方式可参见表31-119。

④ 为了维持洁净室的正压值，送风机、回风机和排风机应联锁。联锁程序如下：系统开启，应先启动送风机，再启动回风机和排风机；系统关闭，应先关闭排风机，再关闭回风机和送风机。

⑤ 非连续运行的洁净室，为了保证室内的洁净度，可根据生产工艺要求设置净化空调系统的值班风机。

⑥ 易产生粉尘的生产区域，如青霉素等强致敏药物、某些甾体药物以及高活性有毒害药物的精制、干燥和分装等生产区域，应与相邻的同洁净级别的区域保持相对负压。

⑦ 对在生产过程中产生有毒有害物质，或有防爆要求的生产区域，应与相邻的同洁净级别的区域保持相对负压。

表31-119　正压控制方式和特点

控制名称	控制方法	特点
定风量变频调节装置	在系统中安装定风量变频调节装置，使系统在运行中，风量不因过滤器阻力增加而改变	送、回风量易调节，运行可靠，节能
差压式电动风量控制系统	由差压变送器发出差压信号，通过压力调节器控制回风及新风管道上的电动风阀，调节回风量维持室内正压，也可控制风机入口风阀或变速电机调节送回风量	灵敏度高，可靠性强，但设备比较复杂，成本高
机械余压阀	净化空气调节系统运行时，送入洁净室内维持正压多余的风量，靠室内外的压差通过余压阀排出	结构简单、安装方便，但长期使用关闭不严
差压式电动余压阀	用CPX-1型微差压控制器和TBR-2型可逆转同步电机组成的差压通过余压阀排出	密闭性好，灵敏度高
调压过滤器	用泡沫塑料、化纤无纺布作阻尼层的调压过滤器装在回风口上，排至走廊或洁净度较低的邻室，维持室内正压	方法简单、经济、多用于走廊回风的洁净室，但调压过滤器随时间的推移阻力增大需定期调正，因此可靠性差

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.4 气流组织和送风量

① 气流组织设计的原则如下。

a. 工作区的气流速度应满足洁净度和人体健康要求，并尽量使工作区气流流向单一，以利排走空气中尘粒。

b. 送风口应靠近洁净室内洁净度要求高的工序。

c. 回风口应匀布在洁净室下部，气流流向回风口时，应使尘埃能有效地被带走，不致形成尘埃的二次飞扬。

d. 余压阀宜设在洁净室气流的下风侧，易产生污染的工艺设备附近应有回风口。

② 非单向流洁净室内设置洁净工作台时，其位置应远离回风口。

③ 洁净室内有局部排风装置时，其工作区应设在工作区气流下风侧。

④ 洁净室的气流组织和送风量，宜按表31-120选用。

⑤ 非单向流（乱流）洁净室的送风量，应取下列规定的最大值。

a. 控制室内空气洁净度所需要的送风量。

b. 根据热、湿负荷计算和稀释有害气体所需的送风量。

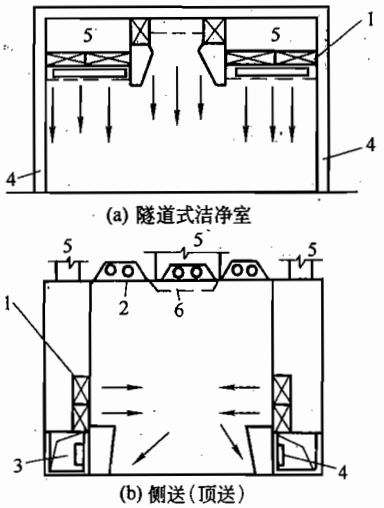
c. 按空气平衡所需要的送风量。

⑥ 当生产工艺仅要求在洁净室内局部工作区达到更高的空气洁净度时，其气流组织设计应使洁净气流首先流经该工作区，或在洁净室的不同区域形成不同气流流型和空气洁净度等级的洁净工作区，其型式可分别按图31-40、图31-41选用。

⑦ 垂直单向流洁净室的设计，宜采用以下布置形式。

a. 顶棚满布高效空气过滤器顶送（见图31-42），可获得均匀的向下气流，工艺设备可布置在任意位置，自净能力强。

b. 顶棚阻尼层顶送，侧布高效空气过滤器（见图31-43），其顶棚结构较满布型简单，也获得均匀向下气流，阻尼层按静压分布设置，工艺设备可布置在任意位置，自净能力强。



(a) 隧道式洁净室

(b) 侧送(顶送)

图31-40 局部工作区空气净化型式

1—高效空气过滤器；2—照明灯具；3,4—回风管；5—送风管；6—扩散孔板

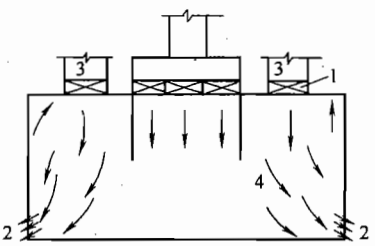


图31-41 空气洁净度分区控制型式

1—高效空气过滤器；2—回风口；3—送风管；4—挡板

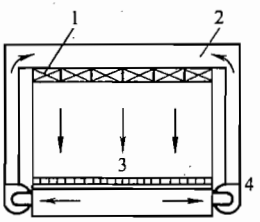


图31-42 满布垂直单向流

1—高效空气过滤器；2—静压箱；3—洁净室；4—循环风机

表31-120 气流组织和送风量（静态）

空气洁净度等级	气流组织	送风量	
		气流流经室内断面风速/(m/s)	换气次数/(次/h)
100级(ISO class 5)	单向流	0.2～0.5	—
1000级(ISO class 6)	非单向流	—	50～60
10000级(ISO class 7)	非单向流	—	15～25
100000～1000000级(ISO class 8～ISO class 9)	非单向流	—	10～15

注：换气次数适用于层高小于4.0m的洁净室。室内人员少、热源少时，宜采用表中下限值。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

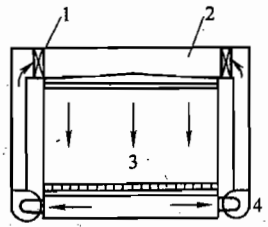


图 31-43　侧布垂直单向流
1—高效空气过滤器；2—静压箱；
3—洁净室；4—循环风机

全孔板顶送，阻尼层改作孔板。顶棚结构简单，可获得均匀的气流。净化空气调节系统非连续运行工况时，静压箱内易积尘，对洁净度有影响。

⑧ 水平单向流洁净室的设计，宜采用以下两种形式。

a. 送风墙满布高效空气过滤器水平送风，见图 31-44，在第一工作区可达到 100 级洁净度，当空气向另一侧流动过程中含尘浓度逐渐增高，适用于工艺过程有多种洁净度要求的洁净室。

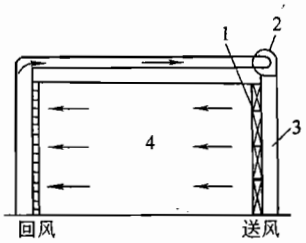


图 31-44　水平单向流
1—高效空气过滤器；2—循环风机；
3—静压箱；4—洁净室

b. 送风墙局部布置高效空气过滤器水平送风，除有上述特点外，在层流空气区域外局部地区有涡流。

⑨ 非单向流（乱流）洁净室的设计，宜采用以下四种形式。

a. 满布或局布孔板顶送（见图 31-45）　工作区风速小，气流分布均匀，可获得较高的洁净度，在非连续运行工况下静压箱内易积尘，需要技术夹层。

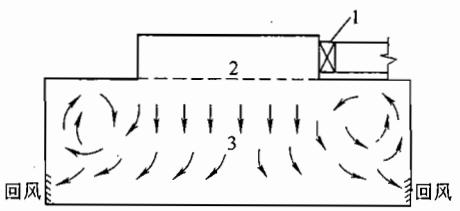


图 31-45　局布或满布顶送双侧下回
1—高效空气过滤器；2—静压箱；3—洁净室

b. 密集流线型散流器顶送（见图 31-46）　其特点与孔板顶送相仿，因混合层较高，宜用于 4m 以上的高大洁净室。

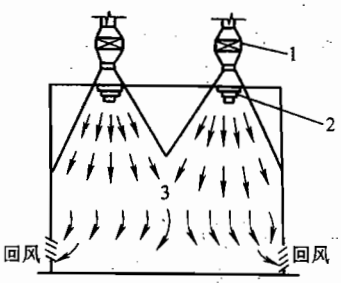


图 31-46　密集散流器顶送双侧下回
1—高效空气过滤器；2—扩散器；3—洁净室

c. 侧送（见图 31-47）　管道易于布置，造价低，对旧建筑改造有利。工作区风速较大，工作区下风侧比上风侧的含尘浓度高。

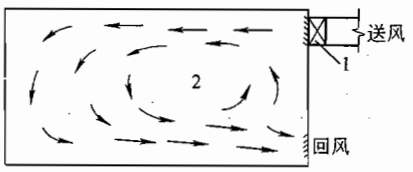


图 31-47　侧送同侧回
1—高效空气过滤器；2—洁净室

d. 高效空气过滤器风口顶送（见图 31-48、图 31-49）　系统较简单，高效空气过滤器后无管道，洁净气流直接送至工作区，洁净气流扩散缓慢，工作区气流不均匀，但均匀地布置多个风口或采用带扩散板风口，也可使工作区气流较均匀，在非连续运行情况下，扩散板易积尘，也需要技术夹层。

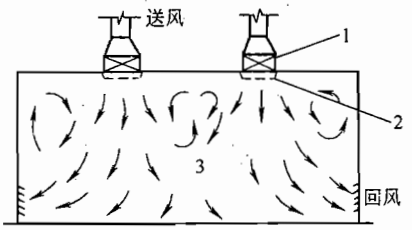


图 31-48　带扩散板顶送
1—高效空气过滤器；2—扩散器；3—洁净室

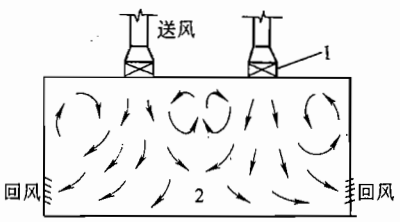


图 31-49　无扩散板顶送
1—高效空气过滤器；2—洁净室

⑩ 当工艺仅要求局部区域达到高洁净度时，设计应结合工艺特点，将送风口布置在局部工作区的顶

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

部或侧部，使洁净气流首先流经并笼罩工作区，以达到局部区域的高洁净度（见图31-50）。在洁净室内不同区域采取不同的气流流型，也可达到不同等级的洁净度（见图31-51）。

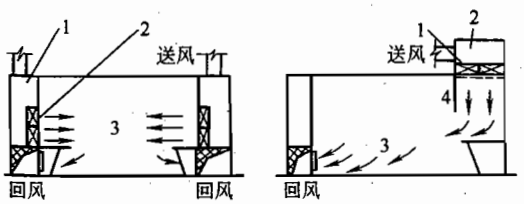


图31-50 局部区域空气净化方式
1—静压箱；2—高效空气过滤器；3—洁净室；4—挡板

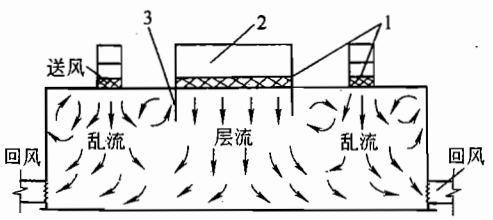


图31-51 不同区域采用不同流型的洁净室
1—高效空气过滤器；2—静压箱；3—挡板

⑪ 洁净室内有局部通风柜时，其位置宜设置在工作区气流的下风侧，以减少的室内的污染。

⑫ 为防止灰尘二次飞扬和积聚，非单向流洁净室的回风口不应设置在工作区的上部，并应尽可能避免采用单一的大回风口，宜在侧墙下部均匀布置回风口。

4.5 空气净化处理

① 各等级空气洁净度的空气净化处理，均应采用初效、中效、高效空气过滤器三级过滤。30万级空气净化处理，可采用亚高效空气过滤器。一般没有洁净等级要求的房间，宜采用初效、中效空气过滤器二级过滤处理。

② 确定集中式或分散式净化空气调节系统时，应综合考虑生产工艺特点和洁净室空气洁净度等级、面积、位置等因素。凡生产工艺连续、洁净室面积较大、位置集中以及噪声控制和振动控制要求严格的洁净室，宜采用集中式净化空气调节系统。

③ 净化空气调节系统设计应合理利用回风，凡工艺过程产生大量有害物质且局部处理不能满足卫生要求，或对其他工序有危害时，则不应利用回风。

④ 空气过滤器的选用、布置和安装方式，应符合下列要求：

初效空气过滤器不应选用浸油式过滤器；

中效空气过滤器宜集中设置在净化空气调节系统的正压段；

高效空气过滤器或亚高效空气过滤器宜设置在净化空气调节系统末端；

中效、亚高效、高效空气过滤器宜按额定风量选用；

阻力、效率相近的高效空气过滤器宜设置在同一洁净区内；

高效空气过滤器的安装方式应简便可靠，易于检漏和更换。

⑤ 送风机可按净化空气调节系统的总送风量和总阻力值进行选择。中效、高效空气过滤器的阻力宜按其初阻力的1.5～2.0倍计算。

⑥ 净化空气调节系统如需电加热时，应选用管状电加热器，位置应布置在高效空气过滤器的上风侧，并应有防火安全措施。

⑦ 各种建设类型的空气处理方式应按以下原则确定。

a. 新建洁净室可采用集中式净化空气调节系统，但系统不宜过大。

b. 洁净室应尽量利用原有净化空气调节系统。如不能满足要求时，再考虑就近新增设净化空气调节系统。

c. 改建洁净室如原未设置空气调节系统时，除采用增设集中式净化空气调节系统外，亦可采用就地设置带空气净化功能的净化空气调节机组的方法来满足洁净室的空气洁净度要求。

⑧ 原有的空调工程改建为洁净室时，可采用在原空调系统内集中增加过滤设备和提高风机压力的办法，也可采用增设局部净化设备方法，一般可采用如下几种形式。

a. 室内增设洁净工作台，保证工作台内达到高精度洁净，可降低室内含尘量。

b. 室内增设自净器，可降低室内含尘量。

c. 室内增设装配式洁净室（小室内可达到100级的高精度洁净）。

d. 当空气调节系统的风压可以提高时，可在送风口处增设高效空气过滤器或增设风口式自净器，在空气调节系统中增加中效空气过滤器（见图31-52）。

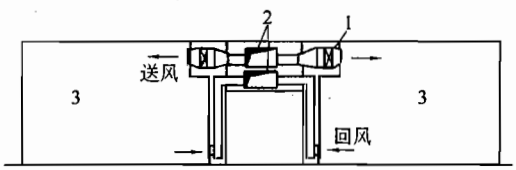


图31-52 在出风口上装高效空气过滤器
1—高效空气过滤器；2—原有风管；3—洁净室

e. 原侧送空气调节系统不动，在房间内加吊顶，在吊顶上装设风口式自净器（见图31-53）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

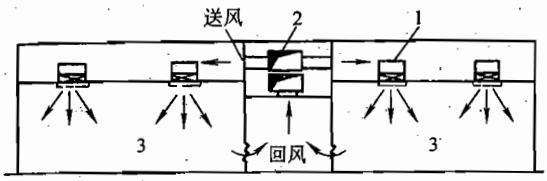
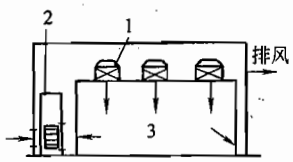
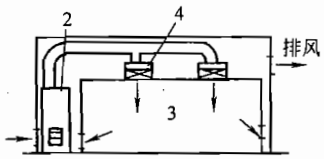


图 31-53　在吊顶上装设风口式自净器
1—风口式自净器；2—原有风管；3—洁净室

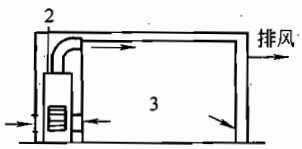
f. 原未设空气调节系统的房间要增加净化设施时，可利用空调机组采用分散净化处理方式（见图31-54）。



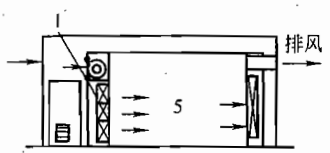
(a) 无管道系统



(b) 有管道系统



(c) 采用净化空调器



(d) 增设装配洁净小室

图 31-54　原未设空调的房间增设净化措施的型式
1—风口式自净器；2—空调器；3—洁净室；
4—高效空气过滤器；5—装配式洁净室

⑨ 洁净工作台应按下列原则选用。

a. 工艺设备在水平方向对气流阻挡最小时，应选用水平层流工作台；在垂直方向对气流阻挡最小时，应选用垂直层流工作台。

b. 当工艺产生有害气体时，应选用排气式工作台，反之，可选用循环式工作台。

c. 当工艺对防振要求高时，可选用脱开式工作台。

d. 根据工艺设备选用专用式工作台。

e. 当水平层流工作台对放时，间距不应小于3m。

⑩ 当10000～100000级洁净室内适用洁净工作台时，若从工作台流经洁净室的风量相当于该室的换气次数60次/h以上时，可使该洁净室的洁净度在原基础上提高一个级别。

4.6　空气净化系统的基本形式

① 集中式净化空调系统应符合下列要求。

a. 为防止污染空气渗入净化空气调节系统与再次污染经中效空气过滤器过滤后的空气，中效空气过滤器应设置在系统的正压段，其基本形式见图31-55。

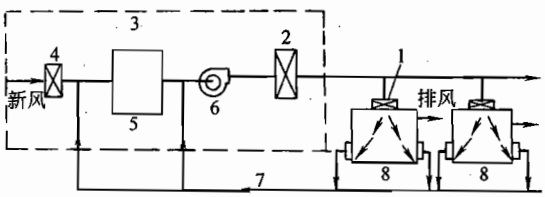


图 31-55　集中式净化空气调节系统基本形式
1—高效空气过滤器；2—中效空气过滤器；3—机房；
4—初效空气过滤器；5—空气处理室；6—风机；
7—回风管；8—洁净室

b. 非连续运行的空气洁净度高于100000级的洁净室，为了维持室内的正压，可设置变频风机或设置值班风机（见图31-56）。

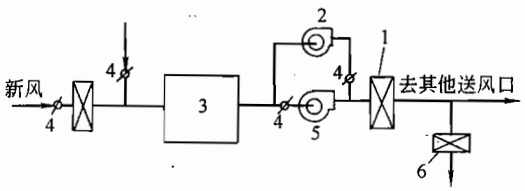


图 31-56　设有值班风机的集中式
净化空调系统基本形式
1—中效空气过滤器；2—值班风机；3—空气处理室；
4—回风阀；5—风机；6—高效空气过滤器

c. 为了防止净化空调系统停止运行时，室外空气经回风管道渗入洁净室内，应在新回风混合前的新风入口处设置计重法效率≥80%的粗效空气过滤器或设置电动密闭风阀。

d. 净化空调系统在运行过程中，各级空气过滤器随着运行时间，其阻力在发生变化，特别是高效空气过滤器。为了使洁净室内的风量及压差不因净化空调系统阻力的变化而变动，集中式净化空调系统宜设置变频风机，亦可采用在室内送、回、排风管上设置定风量（CAV）风阀的方法。

② 对无有害物产生的空气净化系统，在保证新鲜空气量及洁净室内正压的前提下，应尽量利用回风；当机房距洁净室较远时，在保证室内温湿度要求的条件下，可以使部分空气不经机房内空调机组处理，而只经中效空气过滤器过滤处理后循环使用（见图31-57），单向流洁净室也可采用多台小风机循环，

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

比单一大系统造价低，运行费低（见图 31-58）。但使用多台小风机时，必须考虑消声措施。

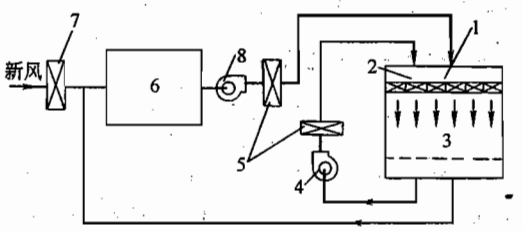


图 31-57 部分不回机房直接循环系统
1—高效空气过滤器；2—静压箱；3—洁净室；4—循环风机；5—中效空气过滤器；6—空气处理室；7—初效空气过滤器；8—风机

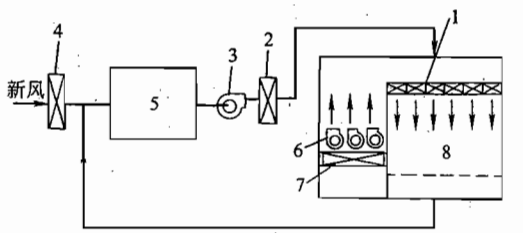


图 31-58 部分不回机房小风机直接循环系统
1—高效空气过滤器；2—中效空气过滤器；3—风机；4—初效空气过滤器；5—空气处理室；6—循环风机；7—中效空气过滤器；8—洁净室

4.7 洁净室采暖通风系统

① 洁净室的采暖形式，应按下列不同情况确定。

a. 100 级、1000 级、10000 级洁净室，不应采用散热器采暖。

b. 值班采暖可利用技术夹道的散热器进行间接采暖，或采用间歇运行净化空气调节系统、值班风机系统进行热风采暖。

② 散热器应采用表面光滑、不易积尘、便于清扫的型式。

③ 洁净室内产生粉尘和有害气体的工艺设备，应设局部排风装置，排风罩的操作口面积应尽量缩小。

④ 局部排风系统在下列情况下，应单独设置。

a. 非同一净化空气调节系统。

b. 排风介质混合后能产生或加剧腐蚀性、毒性、燃烧爆炸危险性。

c. 所排出的有害物毒性相差很大。

⑤ 洁净室的排风系统设计，应采取下列措施。

a. 防倒灌措施。

b. 含有易燃、易爆物质局部排风系统的防火、防爆措施。

⑥ 换鞋室、存外衣室、盥洗室、厕所和淋浴室等，应采取通风措施，其室内的静压值，应低于洁净区。

⑦ 可能突然放散大量有害物或有爆炸危险气体的洁净室应设置事故排风系统。

事故排风装置的控制开关，应分别设在洁净室和室外便于操作的地点，并应与净化空调系统联锁，其室内宜设报警装置。

⑧ 生产或分装青霉素等强致敏药物以及某些甾体药物、高活性有毒害药物的车间以及二类危险度以上病原体操作区的排风系统应安装高效过滤器。

4.8 空气净化设备

4.8.1 空气过滤器

(1) 空气过滤器的性能指标

① 过滤效率 额定风量下，过滤器前后空气含尘浓度之差与过滤前空气含尘浓度之比的百分数。

$$\eta=\frac{c_1-c_2}{c_1}\times 100\%$$

$$=\left(1-\frac{c_2}{c_1}\right)\times 100\% \qquad (31\text{-}94)$$

式中 c_1，c_2——分别为过滤器前后之空气含尘浓度。

由于含尘浓度表示方法的不同，过滤效率又分为计重效率、计数效率、粒径效率和比色效率。

当含尘浓度以计重浓度（mg/m^3）表示时，求出的效率为计重效率；含尘浓度以大于和等于某一粒径的计数浓度（粒/L）表示时，求出的效率为计数效率；含尘浓度以某一粒径的计数浓度（粒/L）表示时，求出的效率为粒径分组计数效率。比色效率是用光电比色计比较过滤器前后污染滤纸的通光率，然后再换算出滤尘效率。

目前空气过滤器过滤效率检测的方法有 DOP 法、钠焰法、计重法、计数法、比色法等，根据分析，这几种方法的效率值对比见表 31-121。

表 31-121 不同检测方法的效率对比

检测方法	DOP 法	NBS(比色法)	人工尘计重法
效率/%	99.97	100	100
	95	99	100
	80～85	93～97	100
	50～60	80～85	99
	20～30	45～55	96
	15～20	30～35	92

② 穿透率 过滤器后空气含尘浓度与过滤器前空气含尘浓度之比的百分数。

$$K=\frac{c_2}{c_1}\times 100\%=(1-\eta)\times 100\% \qquad (31\text{-}95)$$

式中 c_1，c_2——分别为过滤器前后空气的含尘浓度；

η——过滤器的过滤效率，%。

③ 过滤器的阻力 过滤器额定风量下的阻力（Pa）。

初阻力为在额定风量下，新过滤器的阻力；终阻力为容尘量达到最大规定值时（中效和高效过滤器—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

般为初阻力的2倍）的阻力。

④ 容尘量 在额定风量下过滤器达到终阻力时的积尘量（g）。

(2) 空气过滤器的分类

根据过滤效率，空气过滤器可分为粗效过滤器、中效过滤器、亚高效过滤器及高效过滤器等，其性能见表31-122。

表31-122 几种空气过滤器的性能

过滤器类型	过滤效率 η/%	初阻力/Pa	备注
粗效	粒径不小于5μm 80>η≥20	≤50	按计数法检测效率
中效	粒径不小于1μm 70>η≥20	≤80	
高中效	粒径不小于1μm 99>η≥70	≤100	
亚高效	粒径不小于0.5μm 99.9>η≥95	≤120	
高效A	≥99.9	≤190	按钠焰法检测效率
高效B	≥99.99	≤220	

① 粗效空气过滤器 粗效空气过滤器的最大要求是尘量大、阻力小、结构简单。粗效空气过滤器的滤料，一般采用易于更换或清洗的无纺布、尼龙网、金属孔网或其他滤料。通过滤料的滤速宜采用0.4～1.2m/s。

一次性过滤器（见图31-59）的特点是风量大、阻力小。适用于一般空调系统的初级过滤。滤料为无纺布，初阻力25Pa，过滤效率为计重法40%。

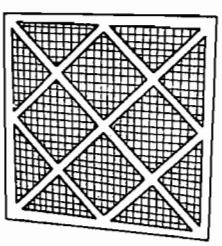


图31-59 一次性过滤器

可洗式空气过滤器（见图31-60）的特点是可重复多次使用，使用寿命长。适用于一般空调系统的初级过滤。滤料为无纺布，初阻力25Pa，过滤效率为计重法70%。



图31-60 可洗式空气过滤器

G4空气过滤器（见图31-61）的特点是阻力小、风量大。适用于净化空调系统的初级过滤。滤料为无纺布，初阻力45Pa，过滤效率为计重法90%。



图31-61 G4空气过滤器

折叠式空气过滤器（见图31-62）的特点是采用折叠方式，增大过滤面积，在不增加阻力的前提下，增加过滤风量，同时提高滤料强度。适用于净化空调系统的初级过滤。滤料为无纺布，初阻力30Pa，过滤效率为计重法85%。

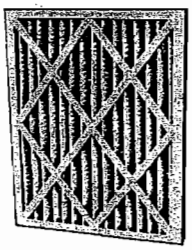


图31-62 折叠式空气过滤器

② 中效空气过滤器 对中效空气过滤器的要求和对粗效空气过滤器的基本相同。一般采用易于更换的无纺布、玻璃纤维或其他滤料。通过滤料的滤速宜采用0.2～0.4m/s。

组合式空气过滤器（见图31-63）的特点是风量大、阻力小，质量轻、安装方便、容尘量大。可根据使用要求将不同过滤效率的过滤器组合。滤料为玻璃纤维纸。

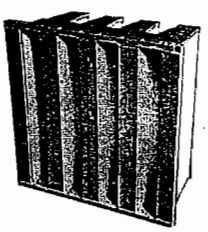


图31-63 组合式空气过滤器

F5、F6中效袋式空气过滤器（见图31-64）的特点是可清洗、重复多次使用、使用寿命长、风量大、阻力小。滤料为无纺布，初阻力50～55Pa，过滤效率为比色法40%～70%。

F7、F8高中效袋式空气过滤器（见图31-65）的特点是滤料采用玻璃纤维，初阻力110～120Pa，过滤效率为比色法80%～95%。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

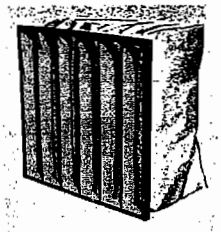


图 31-64 F5、F6 中效袋式空气过滤器

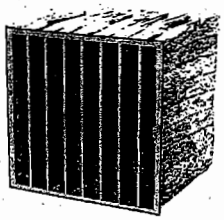


图 31-65 F7、F8 高中效袋式空气过滤器

③ 亚高效空气过滤器 当亚高效空气过滤器用作终端过滤器时应以达到 100000 级洁净度为目的。采用玻璃纤维滤纸或其他纤维滤纸作为滤料。通过滤料的滤速宜采用 0.01～0.03m/s。图 31-66、图 31-67 是常用的几种亚高效空气过滤器。

V 形组合密褶式空气过滤器（见图 31-66）的特点是过滤面积大、安装方便，作为净化空调系统中精细颗粒过滤，还可作为高效空气过滤器的预过滤。滤料为微米径玻璃纤维，初阻力 250Pa，过滤效率为 DOP 法≥95%。

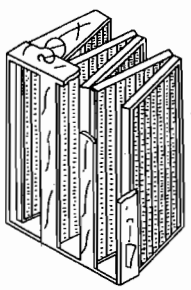


图 31-66 V 形组合密褶式空气过滤器

亚高效箱式空气过滤器（见图 31-67）的特点是初阻力低、容尘量大。滤料为微米径玻璃纤维，初阻力 130Pa，过滤效率为 DOP 法≥95%。

④ 高效空气过滤器 高效过滤器主要清除小于 1μm 的尘埃，滤料采用玻璃纤维滤纸的折叠结构，通过滤料的滤速宜采用 0.01～0.03m/s。根据国标 GB 6166—1985《高效空气过滤器性能试验方法——穿透率和阻力》的规定，我国规定用钠焰法或油雾法测定高效过滤器效率，并同时在试验台上测出风量、阻力。

高效过滤器采用优质玻璃纤维纸作过滤介质，用隔板（或无隔板）分层折叠装置在多层胶合板外框或

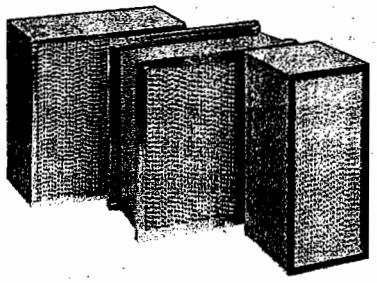


图 31-67 亚高效箱式空气过滤器

金属外框内，两端结合处用合成树脂密封而成，见图 31-68。

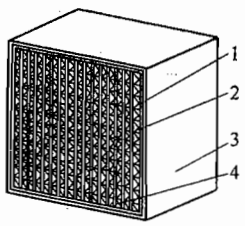


图 31-68 有隔板高效空气过滤器

1—过滤介质；2—分隔板；3—框体；4—密封树脂

⑤ 高效过滤器风口 把高效空气过滤器或亚高效空气过滤器和风口组合成过滤送风单元，作为工厂化的洁净室末端装置，极大地方便了洁净室的设计、安装和使用。特别对非单向流洁净室，在设计时选用这种末端装置最简单易行。图 31-69、图 31-70 为目前常用的高效空气过滤器送风口。

(3) 空气过滤器效率分类及等级对照（见表 31-123）

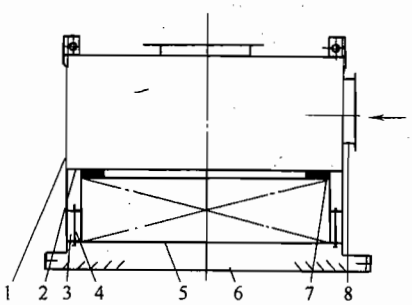


图 31-69 GKF 高效空气过滤器送风口

1—箱体；2—过滤器安装框；3—定位压紧块；4—压紧螺栓；5—高效空气过滤器；6—散流板；7—密封垫；8—进风口法兰

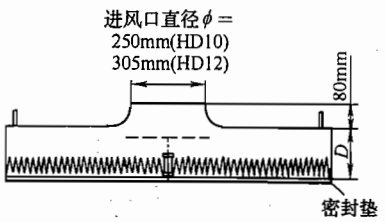


图 31-70 薄型高效空气过滤器送风口

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 31-123　空气过滤器效率分类及等级对照表

中国 GB/T 14295	粗　效					中　效				高中效		
美国 ASHRAE	C1	C2,3,4	L5	L6	L7	L8	M9	M10	M11	M12	H13	H14
欧洲 CEN	G1	G2	G3		G4		F5		F6		F7	F8
欧洲 EUROVENT	EU1	EU2	EU3		EU4		EU5		EU6		EU7	EU8
中国 GB/T 14295	亚　高　效					高　效						
美国 ASHRAE	H15		H16			UH17	UH18		UH19	UH20		
欧洲 CEN	F9	H10		H11	H12	H13			H14	U15～17		
欧洲 EUROVENT	EU9		EU10		EU11	EU12	EU13		EU14			

4.8.2　洁净工作台

洁净工作台是在操作台上的空间局部地形成无尘无菌状态的装置。如果洁净工作台的设计做到不仅能在干净气流中操作，而且在操作台上能适应操作内容进行各种加工，则将进一步提高工作效率。

(1) 分类和结构

① 按气流组织洁净工作台分成垂直单向流和水平单向流两大类。

水平单向流洁净工作台在气流条件方面较好，是操作小物件的理想装置。

垂直单向流洁净工作台则适合操作大物件，在操作台内形成正压，台外空气不会流入台内，此外，垂直型工作台适合在台面上进行各种加工，可大大提高工作效率。

② 按排风方式分成无排风的全循环式和全排风的直流式。

无排风的全循环式如图 31-71 所示。在工艺不产生或极少产生污染的情况下，宜采用全循环式，为了弥补循环中的风量损失，还应补充少量新风。由于空气经过重复过滤，所以操作区净化效果比直流式好，同时对台外环境的影响也小。但是在内部结构基本相同的情况下，全循环式工作台结构阻力要比直流式的大，因而风机功率也大一些，引起振动和噪声也可能相应增大。

全排风的直流式如图 31-72 所示。直流式工作台采用全新风，和全循环相比刚好有相反的特点。

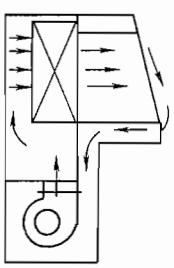


图 31-71　全循环式

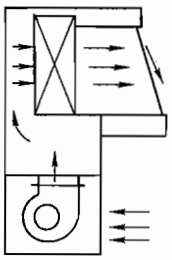


图 31-72　直流式

③ 按是否配备专用或辅助性设施或做成专门形状以适应工艺需要来分，一类是通用工作台，一类是专用工作台。

(2) 洁净工作台（见图 31-73、图 31-74）

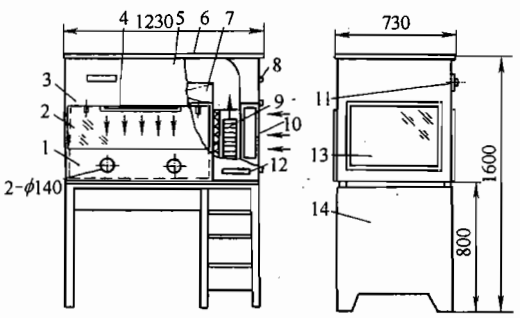


图 31-73　医用洁净工作台结构

1—净化工作区；2—有机玻璃挡板；3—照明灯；4—紫外线杀菌灯；5—送风体；6—盖板；7—高效空气过滤器；8—电源插头座 $C_2^TD_3$；9—送风机组；10—粗效空气过滤器；11—调压变压器；12—电器操纵板；13—观察窗；14—支承体

(3) 生物安全柜

生物安全柜是用于生物安全实验室和其他实验室的生物安全防护隔离设备。可以防止有害悬浮微粒、气溶胶的扩散；对操作人员、样品间交叉感染和环境提供安全保护（见图 31-75、图 31-76）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

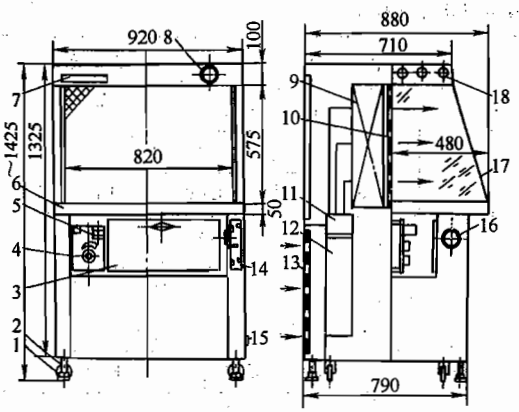


图 31-74 单人洁净工作台结构

1—转动滚轮；2—固定支承座；3—电气箱；4—风机组调压器；5—电压指示；6—工作台面；7—厂标牌；8—微压表；9—高效空气过滤器；10—网板；11—导流风口；12—风机组；13—粗效空气过滤器；14—操纵面板；15—电源插头座 C_ZD_3；16—附加插座 C_ZD_3；17—侧玻璃；18—日光灯

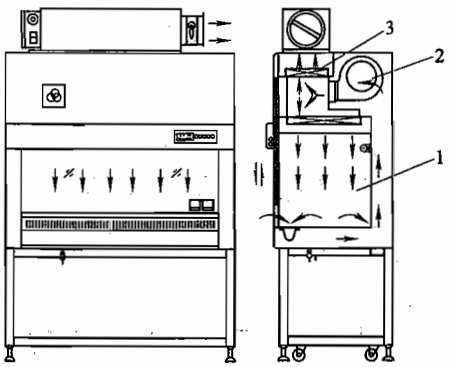


图 31-75 Ⅱ-A 型生物安全柜结构示意

（气流 70%循环，30%排放）

1—工作区；2—风机；3—高效过滤器

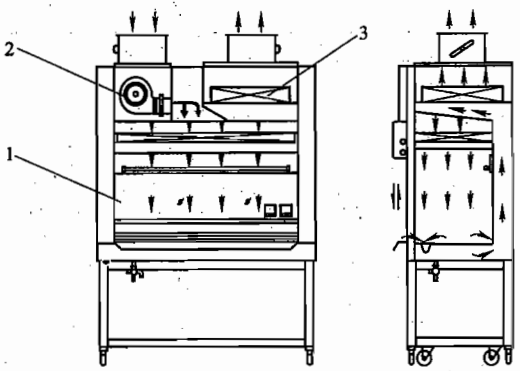


图 31-76 Ⅱ-B 型生物安全柜结构示意

（气流 100%排放）

1—工作区；2—风机；3—高效过滤器

4.8.3 层流罩

层流罩是形成局部垂直单向流的净化设备，它可以组合拼装。按安装方式分为吊装式和立柱式（有围帘的和无围帘的），其用途可作为局部净化设备使用，也可作为隧道洁净室的组成部分。图 31-77、图 31-78、图 31-79 为几种常见的层流罩。

4.8.4 自净器

自净器是一种空气净化机组，主要由风机、粗效、中效、高效（亚高效）空气过滤器及出风口、进风口组成，粗效、中效空气过滤器也可以只用其中一种。如果末级过滤器是高效空气过滤器则可称为高效自净器（见图 31-80、图 31-81）。

自净器的主要作用是：设置于非单向流洁净室的四角和其他涡流区以减少灰尘滞留的机会；作为操作点的临时净化措施，在面对自净器洁净气流的距离上，可形成一洁净空气笼罩的地段，在直流情况下，这一地段的洁净度和周围洁净程度的比较可参考图 31-82。

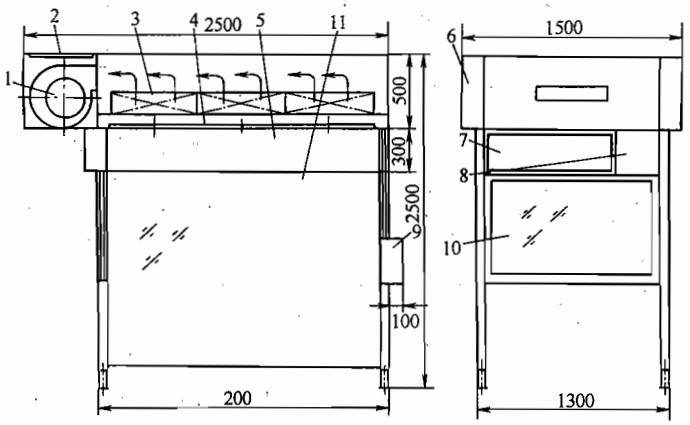


图 31-77 立柱式层流罩

1—风机组；2—预粗效过滤器；3—高效过滤器；4—散流网；5—侧板；6—侧粗效过滤器；7—电器箱；8—操作板；9—储物柜；10—前后挡板；11—围挡塑料

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

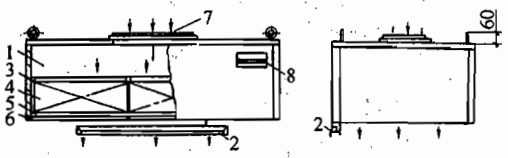


图 31-78　不带风机的吊装式层流罩

1—箱体；2—照明灯；3—铝型材框架；4—高效空气过滤器；5—压杆；6—阻尼层；7—进风口；8—铭牌

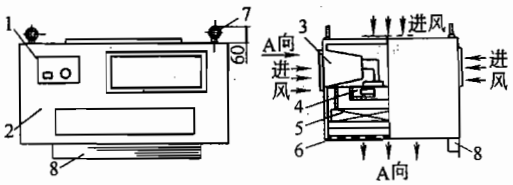


图 31-79　带风机的吊装式层流罩

1—电气操纵盘；2—箱体；3—粗效空气过滤器；4—风机；5—高效空气过滤器；6—阻尼层；7—吊环；8—照明灯

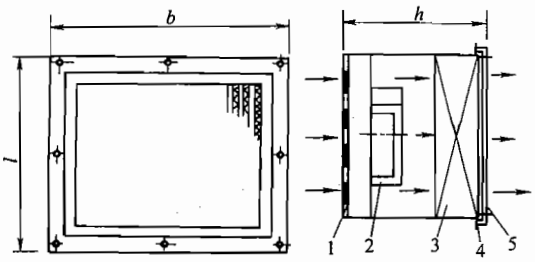


图 31-80　悬挂式自净器

1—粗效空气过滤器；2—风机组；3—高效空气过滤器；4—固定框；5—压框

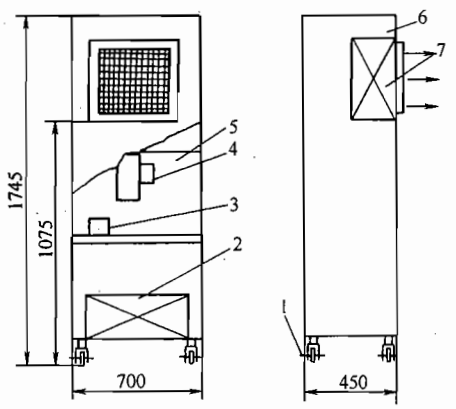


图 31-81　移动柜式自净器

1—脚轮；2—中效过滤器；3—电气控制板；4—风机；5—负压箱；6—正压箱；7—高效过滤器

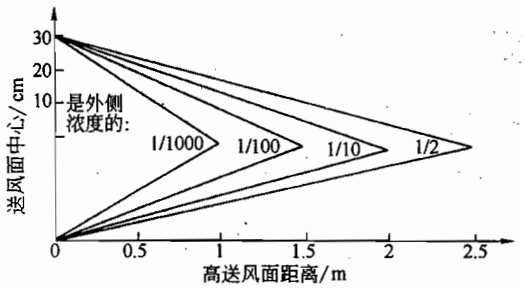


图 31-82　自净器出口外的洁净地段

4.8.5　FFU 风机过滤装置

FFU 风机过滤装置是一种由风机和高效空气过滤器所组成的模块化末端单元。其适用于大面积，模块化建造的洁净室以及有局部高洁净度要求的场合。

FFU 风机过滤装置与传统的风道式中央净化空调系统相比较具有机动性高、噪声低、运行费用省以及施工工期短的优点。FFU 风机过滤装置及组合见图 31-83、图 31-84，FFU 风机过滤装置参考特性曲线见图 31-85。

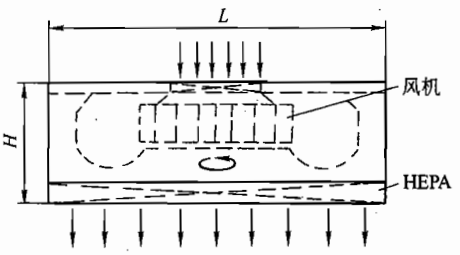


图 31-83　FFU 风机过滤装置

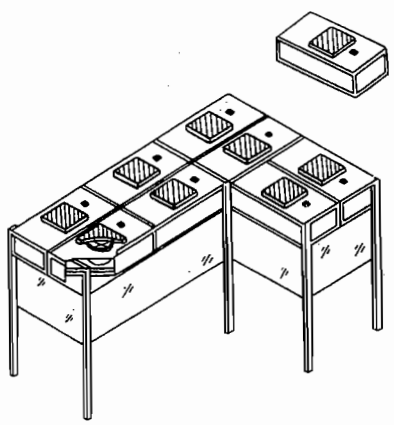


图 31-84　FFU 风机过滤装置组合

4.8.6　净化空调柜机

净化空调器由低噪声双进风通风机，初、中、高效过滤器，表面式冷却器，管状电加热器，电极式加湿器及冷冻机等组合而成的整体立柜式机组。具有结

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

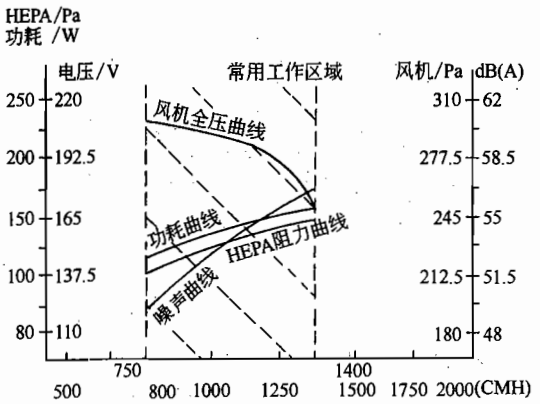


图 31-85 FFU 参考特性曲线

构紧凑、外形美观、占地小，可灵活移动等特点。可与装配式洁净室配套使用，也可单独使用而不需很长的管路系统，特别适合于小型洁净室和改造工程。图 31-86 是 HD9J 型净化空调器的构造示意。

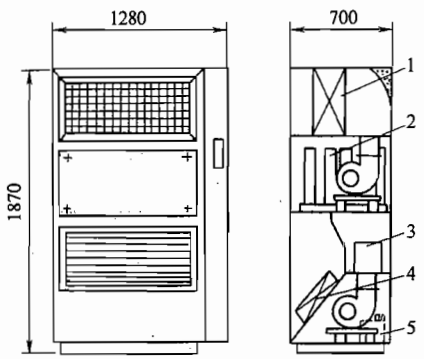


图 31-86 HD9J 型净化空调器

1—高效过滤器；2—中效过滤器；3—加热器；4—表冷器；5—加湿器

4.8.7 空气吹淋室

空气吹淋室是人身净化设备，它是利用高速洁净气流吹落进入洁净室人员服装表面附着的尘粒。同时，由于进出吹淋室的两扇门是不同时开启的，所以它也可防止污染空气进入洁净室，从而兼起气闸的作用。

空气吹淋室按结构分有小室式和通道式两种。小室式只允许单人吹淋，因此通过能力受限；而通道式允许连续多人吹淋，因此通过能力较大。前者效果较好，后者适用于工作人员较多的场合。目前国内多数采用小室式吹淋室。

空气吹淋室按作用方式分有喷嘴型和条缝型两种。图 31-87 是喷嘴式吹淋室结构原理，图 31-88 是可动条缝型吹淋室纵剖面示意。吹淋速度一般在 25～35m/s，吹淋时间一般在 30～60s，吹淋温度在 30～35℃，并设自动控制和断电保护装置。

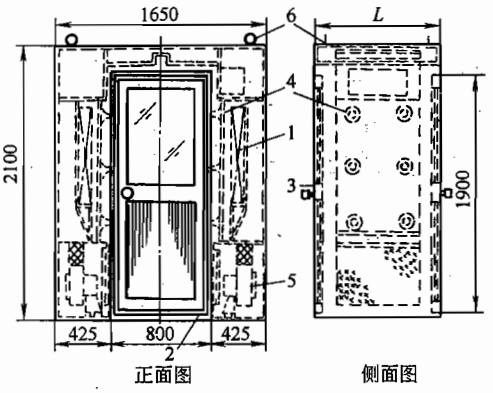


图 31-87 喷嘴式吹淋室结构原理

1—高效过滤器；2—回风过滤器；3—门；4—喷嘴；5—风机；6—吊环

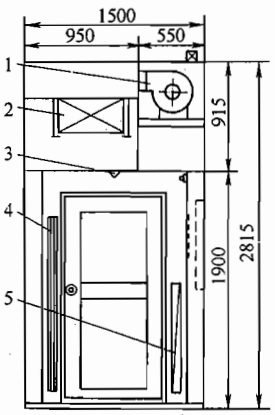


图 31-88 可动条缝型吹淋室纵剖面示意

1—风机；2—高效过滤器；3—顶部喷口；4—可动条缝喷口；5—预过滤器

对于喷嘴型吹淋室，喷嘴的喷嘴角度要调整到使射流方向与人身表面相切。对于条缝型吹淋室，条缝口是可旋转的，扫描角度可达 90°，往返 2 次，可以吹到很大的范围。

4.9 风管和附件

① 风管断面尺寸应考虑对内壁的清洁处理，宜在适当位置设置清扫口。风管应采用不易脱落颗粒物质、不易锈蚀、耐消毒的材料。

② 净化空气调节系统的新风管、回风总管应设置密闭调节阀。送风机的吸入口处和需要调节风量处应设置调节阀。洁净室内的排风系统应设置调节阀、止回阀或密闭阀。

③ 下列情况的通风、净化空气调节系统的风管应设置防火阀。

a. 风管穿越防火区的隔墙处，穿越变形缝的防

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

火隔墙的两侧。

b. 净化空调系统总风管穿越通风、空气调节机房的隔墙和楼板处。

c. 垂直风管与每层水平风管交接的水平管段上。当水平风管与垂直风管处于同一防火分区时，其交接处可不设置防火阀。

④ 使用易燃易爆介质生产区的送风管道，穿越该区域隔墙或防爆隔墙时，应设置防火阀和止回阀。

⑤ 净化空气调节系统的风管和调节阀以及高效空气过滤器的保护网、孔板和扩散孔板等附件的制作材料和涂料，应根据输送空气的洁净要求及其所处的空气环境条件确定。

洁净室内排风系统的风管、调节阀和止回阀等附件的制作材料和涂料，应根据排除气体的性质及其所处的空气环境条件确定。

用于无菌洁净室（区）的送风管、排风管、风阀及风口的制作材料和涂料，应耐受消毒剂的腐蚀。

⑥ 在中效和高效的空气过滤器前后应设置测压孔。在新风管和送回风总管以及需要调节风量的支管上应设置风量测定孔。

⑦ 排除腐蚀性气体的风管可采用无机玻璃钢风管，其他风管以及风管的保温和消声材料及其胶黏剂应采用非燃烧材料或难燃烧材料。

参考文献

[1] 陆耀庆主编. 实用供热空调设计手册. 北京：中国建筑工业出版社，1993.

[2] 空气调节设计手册. 电子工业部第十设计研究院主编. 北京：中国建筑工业出版社，1995.

[3] 陈沛霖，岳孝方主编. 空气调节与制冷设计手册. 上海：同济大学出版社，1990.

[4] 空气与制冷设计手册. 原机械工业部第十设计研究院主编. 北京：中国建筑工业出版社，1983.

[5] 张殿印，王纯主编. 除尘工程设计手册. 北京：化学工业出版社，2003.

[6] 药品生产质量管理规范. 国家药品监督局. 1998.

[7] 许忠麟，沈晋民编著. 空气洁净技术应用. 北京：中国建筑工业出版社，1989.

[8] 《医药工业洁净厂房设计规范》GB 50457—2008.

[9] 《建筑设计防火规范》GB 50016—2006.

[10] 《采暖通风与空气调节设计规范》GB 50019—2003.

[11] 《公共建筑节能设计标准》GB 50189—2005.

[12] 《地面辐射供暖技术规程》JGJ 142—2004.

[13] 《洁净厂房设计规范》GB 50073—2001.

[14] 《化工采暖通风与空气调节设计规定》HG/T 20698—2000.

[15] 《实验动物 环境及设施》GB 14925—2001.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第32章 制剂生产常用设备

1 小容量液体注射剂生产设备

1.1 安瓿注射剂生产设备

1.1.1 安瓿洗烘灌封联动机组

ACSD系列安瓿洗烘灌封联动机组是由QCA系列安瓿超声波清洗机、SZAL灭菌干燥机和DGA型安瓿灌封机组合连成的一条生产线。用途是对B型易折曲颈安瓿进行淋灌，并送入水池经超声波振荡，将每只安瓿插入清洗针管进行二次循环过滤水的清洗后，用净化的压缩空气将水吹净，再用纯净的注射用水冲洗，然后经过连续三次压缩空气吹洗，使安瓿完成清洗的全过程。自动输入百级层流密闭保护下的隧道灭菌干燥箱内进行灭菌烘干；使安瓿确保5～6min 300～350℃的高温灭菌，随后将安瓿温度降到室温送入安瓿灌装封口机进行灌注封口。经清洗后的安瓿都在百级层流的保护下自动经过每道工序完成药液包装，完全符合GMP标准。

(1) 主要技术参数（见表32-1）

(2) 设备外形（见图32-1）

表32-1 安瓿洗烘灌封联动生产机组主要技术参数

技术参数	型号		
	ACSD6/1～20mL	ACSD8/1～2mL	ALX8/1～20mL
组机型号	QCA12/1～20mL SZAL400/32A DGA6/1～20	QCA16/1～2mL SZAL400/32A DGA8/1～2	ACQ18/1～20mL ASMR600/43 AGF8/1～20
B型易折曲颈安瓿适用规格/mL	1,2,5 10,20	1,2	1,2,5 10,20
产量/(支/h)	16000 12000 8000 4500	21000	21000 16000 11000 6000
产品合格率/%	>98	>98	>98
注射用水/(m^3/h)	(0.2MPa 50℃) 约0.6	(0.2MPa 50℃) 约0.5	(0.2MPa 50℃) 约0.6
压缩空气/[m^3(标)/h]	(0.25MPa) 约60	(0.25MPa) 约50	(0.25MPa) 约60
氮气(最大值)/[m^3(标)/h]	1.5	1.5	2
燃气/[m^3(标)/h]	城市煤气1.5 液化气0.3	城市煤气2 液化气0.4	城市煤气2 液化气0.4
氧气/[m^3(标)/h]	用城市煤气时0.9 用液化气时1.3	用城市煤气时1.2 用液化气时1.7	用城市煤气时1.2 用液化气时1.7
吸风/(m^3/h)	拉丝灌封机≥360；灭菌隧道烘箱≥1500		
操作人员/人	3		
总功率/kW	51.59	51.59	62.89
外形尺寸(长×宽×高)/mm	7540×2120×2380	7540×2120×2380	8190×2120×2450
总质量/kg	5300	5300	5980

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

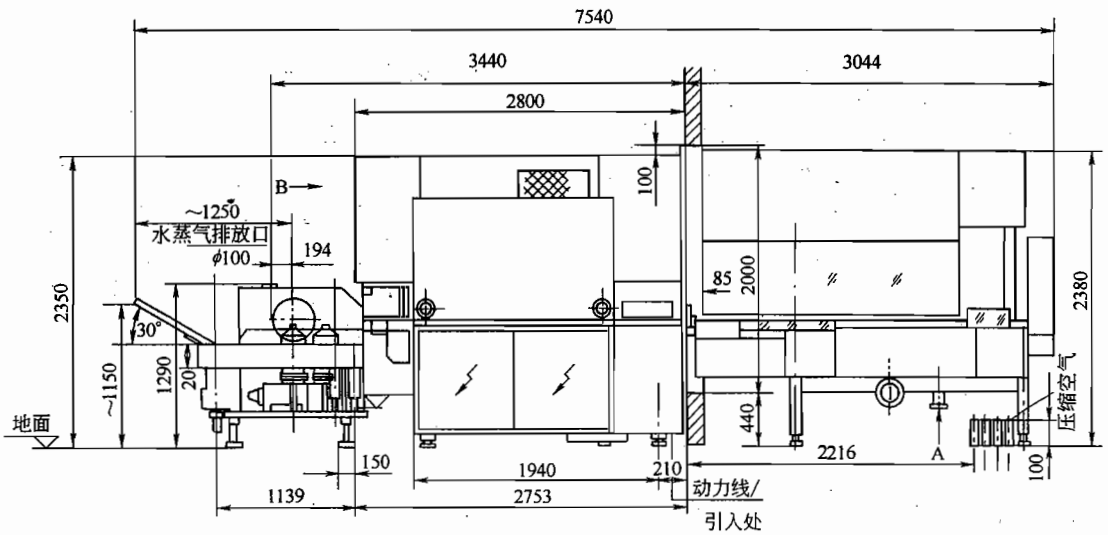


图 32-1 安瓿洗烘灌封联动生产机组

超声波洗瓶机：

功率消耗 4kW；装机容量 11kW；压缩空气耗量 约 60m³（标）/h；注射用水耗量 0.6m³/h（约 50℃）；水蒸气排放量 160m³/h；质量 约 2000kg

灭菌隧道烘箱：

装机功率（SZAL400/43 型） 36.59kW；烘箱空气排放量 约 1600m³/h；质量 约 2000kg

拉丝灌封机：

功率消耗 2kW；拉丝封口拔风量 370m³/h；入机前氧气压力 0.05MPa；耗量 0.9m³（标）/h；入机前煤气压力 0.015MPa、耗量 1.5m³（标）/h；入机前氮气压力 0.1MPa、耗量 1.5m³（标）/h；质量 约 1300kg

1.1.2 安瓿超声波洗瓶机

QCA 系列安瓿超声波清洗机由 4 种型号，用户可根据生产需要进行选择。本机采用超声波预清洗与水气压力喷射清洗相结合方式，清洗后安瓿洁净度高，符合 GMP 要求。本机运行稳定可靠，安瓿破损率低，可无级调速，操作方便，既能单机使用，又能与安瓿灭菌干燥机、安瓿灌装封口机组成联动机组使用。

QCA 系列安瓿超声波清洗机工作原理如图32-2所示，主要技术参数见表 32-2。

1.1.3 安瓿隧道灭菌干燥机

SZAL 型安瓿隧道式灭菌干燥机主要用于针剂联动生产线上，可连续对经过清洗的安瓿或大小玻璃药瓶进行干燥灭菌去热原。本机采用热风层流法加温，具有机体长度短，加温恒定、均匀，消毒效率高，灭菌效果好，生产能力高等特点。

本机主要由前后层流箱、高温灭菌仓、机架、输送带、排风以及电控箱等部件组成。前后层流箱及高温灭菌仓均为独立的空气净化系统，能有效保证进入隧道的安瓿始终处于 100 级净化空气保护下，其生产过程符合 GMP 要求。其工作原理如图 32-3 所示，主要技术参数见表 32-3。

1.1.4 安瓿灌装封口机

DGA 安瓿灌装封口机适用于 1mL、2mL、5mL、10mL、20mL 安瓿的灌装及封口。一次可同时对 6 支、8 支或 10 支安瓿进行充氮灌装和封口。本机具有缺瓶止灌、高位停车等功能。在机器上方还装有洁净度达 100 级的空气净化装置，主机及进瓶输送网带均无级变速。本机可单独使用，亦可与灭菌隧道烘箱、安瓿超声波清洗机配套使用。具有产量高，质量好，运行稳定可靠，操作方便等优点。所用材料符合 GMP 要求，调换少量零件就可对其他规格安瓿进行灌装和封口。

DGA 安瓿灌装封口机的主要技术参数见表 32-4，设备外形如图 32-4 所示。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

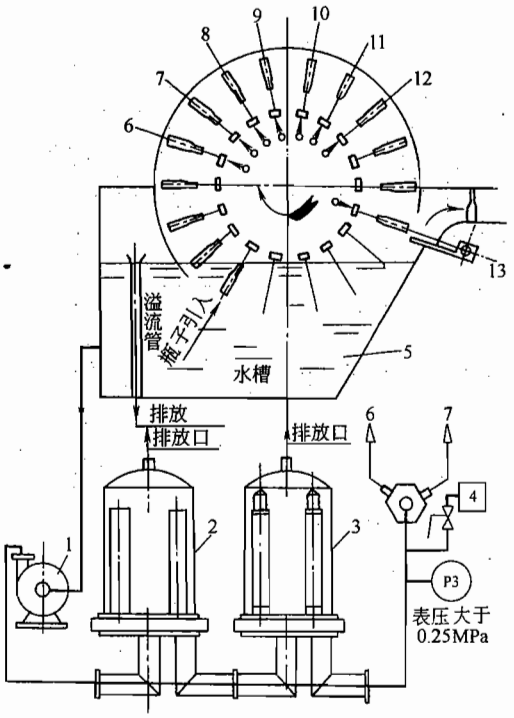


图 32-2 QCA 系列安瓿超声波清洗机工作原理

1—循环泵；2,3—过滤器；4—喷淋器；5—水槽；6,7—洗瓶水循环利用口；8～13—洁净压缩空气和新鲜注射用水交替吹洗口

表 32-2 安瓿超声波洗瓶机主要技术参数

技术参数	型号		
	QCA16/1-2	QCA12/1-20	ACQ18/1-20
GB 2637-90B 型易折曲颈安瓿适用规格/mL	1,2	1～20	1,2,5,10,20
生产能力/(支/h)	1～2mL 21000～22000	1～2mL 16000 5～10mL 12000～8000 20mL 4500	1～2mL 21000～24000 5mL 16000 10mL 11000 20mL 6000
针头数	16	12	18
破损率	≤1%		
耗水量/(m^3/h)(50℃0.2MPa)	0.5	0.6	
耗气量/[m^3(标)/h](0.25MPa)	≈50	60	
功率	主电机 0.5kW(直流电机) 水泵 3kW 1450r/min 加热器具 9kW 超声波 0.5kW 可调试工作频率 27kHz		
操作人员	2人(兼烘箱操作)		
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1750×2300×1300		
质量/kg	约 2000		约 2010

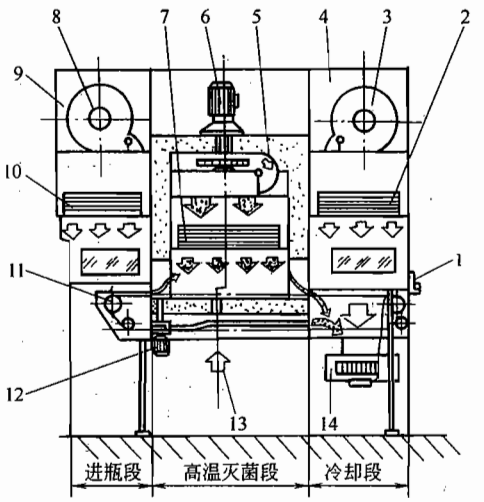


图 32-3 安瓿隧道灭菌干燥机工作原理

1—出瓶口；2—空气高效过滤器；3—后层流风机；4—后层流箱；5—高温灭菌仓；6—热风机；7—热空气高效过滤器；8—前层流风机；9—前层流箱；10—空气高效过滤器；11—安瓿输送网带；12—前排风风机；13—新鲜空气补充；14—排风机；
◇—净化空气；◈—净化热空气

表 32-3 安瓿隧道灭菌干燥机主要技术参数

技术参数		SZAL400/32A	ASMR600/43
输送带宽度/mm		400	600
隧道可通过安瓿的最大高度/mm		160	
隧道空气洁净度		100级(美国标准 209E)	
功率/kW	装机功率	36.59	47.3
	电热功率	32.4	43.2
电源		380V 50Hz(三相五线制)	
整机噪声/dB		<80(A)	
最高工作温度/℃		300～350	
出瓶温度/℃		小于(室温+15)	
机体外形尺寸(长×宽×高)/mm		3180×1383×2350	3180×1583×2350
质量/kg		约 2000	约 2030

注：适用各种规格的安瓿瓶、抗生素瓶。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

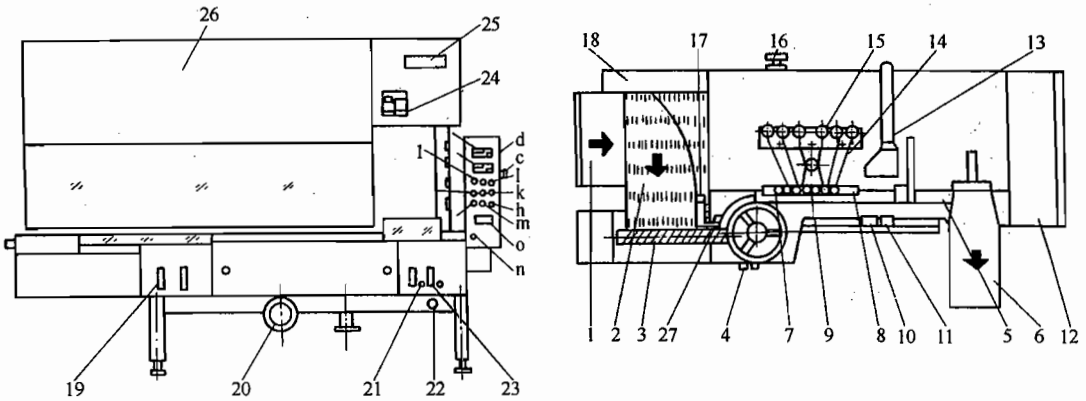


图 32-4　安瓿灌装封口机外形

1—接口或进料斗；2—进瓶输送带；3—进瓶螺杆；4—过渡扇形槽板；5—输瓶槽板；6—出料斗；7—前充气工位；8—后充气工位；9—灌液工位；10—预热工位；11—拉丝封口工位；12—电器控制箱；13—层流箱；14—药液通道；15—玻璃泵；16—装置统调装置；17—进瓶安全装置；18—接口控制箱；19—(保护气体) 流量计；20—手轮；21—燃气针型阀；22—氧气阀门；23—(氧气) 流量计；24—风速调节器；25—风压表；26—活动门；27—接受光器

表 32-4　安瓿灌装封口机主要技术参数

技术参数		DGA8/1-2	DGA6/1-20	AGF8/1-20	AGF10/1-5
生产能力/(支/h)	1～2mL	21000	16000	21000	24000
	5mL		12000	16000	18000
	10mL		8000	11000	
	20mL		4500	6000	
电耗量/kW		2	2	2	2
氮气耗量/[m^3(标)/h]		1.5	1.5	2	2
燃气耗量/[m^3(标)/h]	城市煤气	2	1.5	2	2.2
	液化气	0.4	0.3	0.4	0.45
氧气耗量/[m^3(标)/h]	城市煤气	1.2	0.9	1.2	1.4
	液化气	1.7	1.3	1.7	2
吸风要求/(m/s)		0.6	0.6	0.6	0.6
操作人数/人		3	2	3	3
外形尺寸(长×宽×高)/mm		3000×1360×2450	3000×1360×2450	3600×1450×2450	3600×1450×2450
机器净重/kg		1300	约 1300	1700	1700

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2 西林瓶注射剂生产设备

1.2.1 西林瓶洗烘灌塞联动机组

本机组由 QCL60 型立式洗瓶机、SZA620/60A 型灭菌干燥机、DGS12A 型灌装加塞机等组成（见图 32-5），可完成超声波清洗、冲水、冲气、烘干灭菌、灌装、充氮、理塞、取塞、压塞等工序。主要用于抗生素瓶水针剂联动生产，也可用于抗生素瓶粉针剂的洗瓶、烘干灭菌。

① 联动机组技术参数

适用规格 2～20mL（见 GB 2640—1990，GB 2641—1990）

生产能力 120～300 瓶/min

电容量 66kW

外形尺寸(长×宽×高)(9718×2600×2380)mm

总质量 6100kg

② QCL60 型立式超声波洗瓶机技术参数

新鲜水 压力 0.15MPa

消耗 0.6m³/h

压缩空气 压力 0.1MPa

消耗 45m³（标）/h

功率 12.6kW

质量 2200kg

③ SZA620/60A 型灭菌干燥机技术参数

灭菌温度 300℃可调

功率 70.2kW

质量 3500kg

④ DGS12A 灌装加塞机技术参数

真空泵抽气率 20m³/h

功率 3.12kW

质量 1300kg

1.2.2 立式超声波洗瓶机（QCL60）

本机为立式转鼓结构，采用机械手夹瓶、翻转和喷管作往复跟踪的方式，利用超声波清洗和水气交替喷射冲洗的原理，对容器逐个清洗。本机适用于制药厂管制或模制抗生素瓶的清洗，也可用于针剂安瓿或口服液瓶的清洗。

(1) 主要技术参数

适用规格 瓶径 10～30mm，工作头数 40

生产能力(最大) 18000 瓶/h

电容量 12.60kW

耗水量 0.6m³/h

耗气量 45m³（标）/h

外形尺寸（长×宽×高） (2070×2400×1300)mm

总质量 2200kg

(2) 设备外形（参见图 32-5）。

1.2.3 西林瓶灭菌干燥机（SZA620/60A）

(1) 主要技术参数

适用规格 西林瓶、安瓿、口服液瓶、小规格糖浆瓶、小规格输液瓶等

输送带有效宽度 600mm

生产能力(最大) 300 瓶/min

灭菌温度(最大) 国产过滤器≤300℃，进口过滤器≤350℃

耗电量 约 70.2kW，(加热功率 43.2kW)

外形尺寸 (4700×1550×2380)mm

净重 3500kg

冷却水 7～12℃，4m³/h

排风量 540m³/h（水冷型）

(2) 设备外形（参见图 32-5）

1.2.4 西林瓶灌装加塞机（DGS12A）

本机为连续进瓶阳台式结构，可完成理瓶，输瓶、充氮、灌装、压塞（可全加塞和半加塞）出瓶等工序。适用于医药、化工等行业西林瓶在无菌条件下的灌装和加塞。

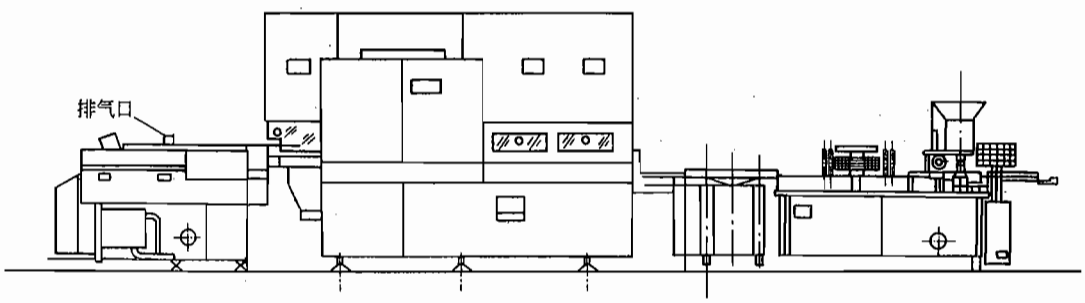


图 32-5 BXKZ 2～20 西林瓶洗烘灌塞联动机组

适应规格：2～20mL 模制或管制抗生素瓶 产量：120～300 瓶/min

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(1) 技术参数

适用规格 2～20mL 西林瓶

生产能力 120～300 瓶/min

药装头数 12 头

压塞轮头数 8 头

药装精度 符合《中华人民共和国药典》规定

真空泵抽气率 20m³/h

电功率 3.12kW

机器总质量 1300kg

外形尺寸(长×宽×高) (2380×1140×1400)mm

(2) 设备外形 (参见图 32-5)

1.3 西林瓶粉针生产设备

西林瓶注射剂生产联动线由下列设备组成：

自动理瓶机→超声波洗瓶机→隧道灭菌干燥机→无菌粉分装机（液体灌装加塞机）→轧盖机→印字贴签机→自动包装机

1.3.1 自动理瓶机

本机能将槽中杂乱的西林瓶整理成瓶口向上、并排列整齐地送入下道工序，是粉针剂生产的主要设备之一。该设备既能与洗瓶机等其他粉针设备联动使用形成流水线，也可单机使用，将排列整齐的西林瓶装盘后送入下道工序。该机具有运行可靠、占地小、使用维修方便、生产效率高等优点，是大批量生产线中的主要生产配套设备之一。

本机可与 KSQ 系列抗生素玻璃瓶清洗机配套使用。经理瓶机理瓶后的瓶子可直接进入 KSQ 抗生素玻璃瓶清洗机的进瓶转盘，(中间可连一过渡平台)，进行自动洗瓶。

(1) 主要技术参数

适用瓶子规格 7mL，10mL 模制瓶或管制瓶

生产能力 350 瓶/min

理瓶轨道 10 行，12 行，14 行三种

配套电机 JW7124，550W，2 台

电压 380V，50Hz

质量 300kg

外形尺寸(长×宽×高) (2200×550×1370)mm

(2) 设备外形 (见图 32-6)

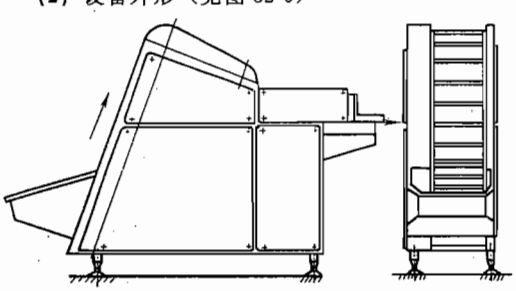


图 32-6 自动理瓶机外形

1.3.2 西林瓶超声波洗瓶机

本机适用于抗生素玻璃瓶（西林瓶）、口服液直管瓶或其他类似瓶子的清洗。

本机采用优质不锈钢制作，关键部位采用 316L 材料，并使用先进的微电脑、气动和超声波技术实现全机自动化。本机操作简单、维修方便，清洗效果好。本机可与生产线联动，实现全线自动化。

(1) 工作原理

首先由进瓶机构将瓶子送入机内，然后由每行 12 个瓶位的链夹把瓶子夹持送入水槽中，利用超声波的“空化”作用进行超声波清洗。清洗后的瓶子由链夹运送至倒置状态，瓶子内腔由针头插入经注射用水、洁净压缩空气冲洗，外壁经注射用水喷淋后经出瓶机构出瓶。全过程运行平稳、可靠、洗涤质量高，完全符合 GMP 要求。

(2) 主要技术参数

瓶子规格 2～15mL（或其他规格）

生产能力 180～220 瓶/min

电机功率 3kW

洗涤注射用水 0.7m³/h，压力 0.2MPa

洁净压缩空气 0.5m³（标）/min，压力 0.25MPa

(3) 设备外形 (见图 32-7)

1.3.3 隧道式层流灭菌干燥机

隧道式灭菌干燥机适用于西林瓶、安瓿、黄圆瓶等各种规格的玻璃容器的灭菌干燥，该机内部及外表面均采用优质不锈钢制造，关键部位采用 316L 材料。

控制部分采用先进的可编程控制器（PLC）和触摸屏（PT）对机器的加热和运行过程进行自动控制，因此具有操作方便、性能可靠的特点。

本机的进瓶口和冷却段均设有百级净化，能阻绝外界空气进入机内，确保灭菌效果，符合 GMP 要求。

(1) 主要技术参数

机身长度 4～8m

网带宽度 500～900mm

网带速度 无级调速

灭菌温度 350℃ 灭菌时间 >5min

(2) 设备外形 (见图 32-8)

生产能力以 ϕ22 西林瓶为例，见下表

机身总长/m	生产能力/(瓶/h)
4	10000～20000
6	20000～30000
8	30000～40000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

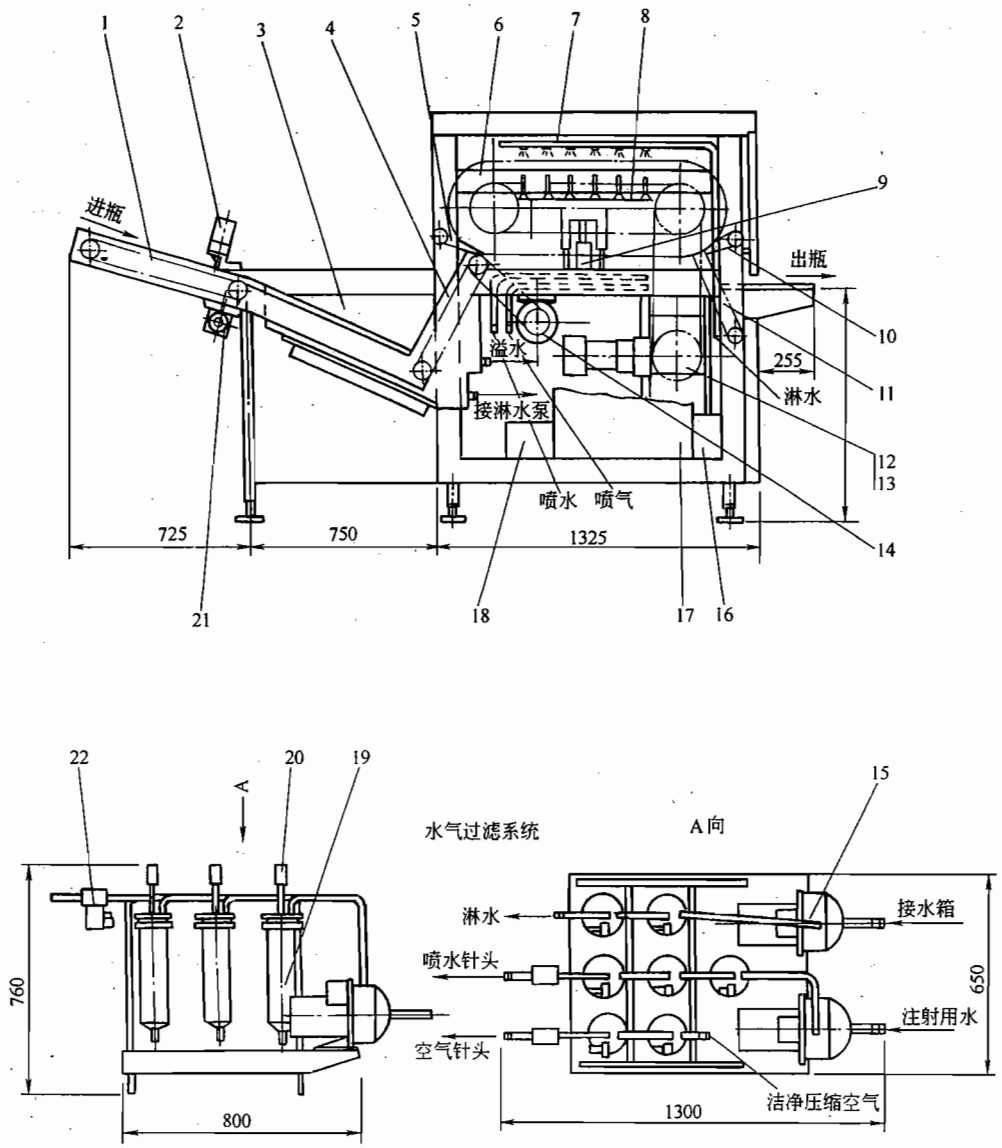


图 32-7 西林瓶超声波洗瓶机

1—进瓶履带；2—理瓶电机；3—超声波水箱；4—提升链；5—进瓶开夹摆臂；6—链夹；7—淋水管；8—喷水针头组；9—针头移动气缸；10—出瓶开夹摆臂；11—出瓶摇板；12—间歇等分机构；13—等分机构电机；14—提升电机；15—离心泵；16—超声变压器箱；17—电气箱；18—超声波发生器；19—过滤器；20—压力表；21—进瓶电机；22—电磁阀

1.3.4 西林瓶螺杆分装机

KFG系列西林瓶螺杆分装机是用于粉剂类制剂定量分装的专用设备。

本机采用计算机控制步进电机，驱动螺旋分装螺杆，装量的设定由计算机键盘输入，具有不停车即可调整装量、缺瓶不分装及分装螺杆与下粉口套管接触时能自动停止分装并以故障指示灯显示等特点。进瓶采用等分盘送瓶机构。

本机结构简单可靠，调节剂量范围广，装量误差小，产量高，适用于各种粉剂的计量分装。本机配有100级层流净化装置，符合GMP规范，是粉针生产的理想设备。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

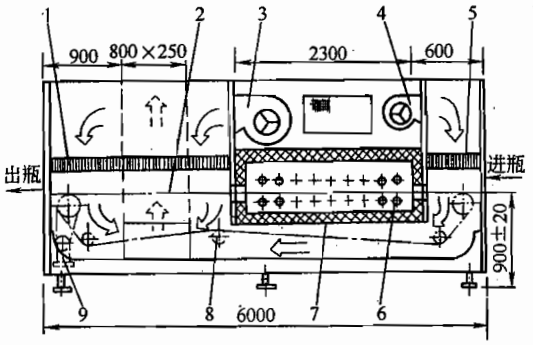


图 32-8 隧道式层流灭菌干燥机

1,5—高效过滤器；2—输送网带；3—大风机；4—小风机；6—加热石英管；7—保温层；8—张紧轮；9—减速器

(1) 主要技术参数（见表 32-5）

表 32-5 西林瓶螺杆分装机主要技术参数

项目		参数		
装量范围/(g/瓶)		0.1～0.8	0.25～1.5	0.5～2.5
生产能力/(瓶/min)		120		
装量误差	装量不大于 0.3g	≤±3%标准装量		
	装量大于 0.3g	≤±3%标准装量		
螺杆数量/头		2		
真空度/MPa		6×10^{-2}		
抽气速度/[m^3(标)/h]		14		
用电功率/kW		1		
电压/V		220(变频调速)		
外形尺寸/mm		1700×800×1750		
质量/kg		300		

(2) 设备外形（见图 32-9）

1.3.5 西林瓶轧盖机

本机为连续式多头轧盖机，是制药生化行业等粉剂类药品经计量分装后进行铝盖密封工艺的专用配套设备。

本机设计了六个三刀外旋式轧盖头，进行连续式轧盖，能适应铝盖及铝塑盖等不同要求。具有封品卷边光滑，密封性能好等特点。本机结构紧凑、操作方便、生产率高、瓶子破损率小。

(1) 主要技术参数

瓶子规格 7～25mL

生产能力 200～300 瓶/min

轧盖头数 6 头

轧盖合格率 ≥98%

小瓶破损率 ≤1%

用电功率 1.2kW

外形尺寸（长×宽×高）(2090×870×1680)mm

(2) 设备外形（见图 32-10）

1.3.6 西林瓶自动印字贴标机

KTN 型不干胶印字贴标机是制药、食品、化工等行业粘贴不干胶标签的专用设备。适用于各种规格圆柱形直管瓶、安瓿瓶和塑料瓶的贴标。

本机采用单片微机作主控器，具有自动对标、自动标签检测、瓶子到位检测等功能。

本机体积小，操作简单，生产稳定，能自动完成送瓶、送标、同步分离标签、贴标和出瓶等全部贴标过程。并设有自动产量计数、无瓶不送标、无标或断带自动停机全套保护装置。

印字部分采用热烫印字头色带打印，具有快干及字迹清晰等优点。

本机性能优异，是理想的不干胶粘贴设备。

(1) 主要技术参数

生产能力 40～120 瓶/min

瓶子规格 ϕ12～56mm

标签规格 标盘最大外径 350mm

标盘中心孔 ϕ75mm

单标最大尺寸 100mm×50mm

用电功率 0.5kW

压缩空气压力 0.4～0.6MPa

耗量 0.1m^3（标）/min

(2) 设备外形（见图 32-11）

1.3.7 西林瓶液体灌装加塞机

KBG 系列西林瓶液体灌装机适用于医药和生化制品行业中的液体灌装和加胶塞，也用于化工、化妆品和食品行业的液体灌装和加塞。该机采用转盘供瓶、定位形式，使用可靠，维修、调试方便。

该机采用机电一体化技术，灌装量由计算机控制，并采用目前先进的蠕动泵进行计量灌装，计量精度高、清洗方便、不污染液体、无滴漏，能用于各种精度液体的灌装，是目前国内先进的液体灌装设备。

加塞部分采用磁震荡盘理塞，并用真空吸塞结构，可半加塞或全加塞，工作可靠，便于调整。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

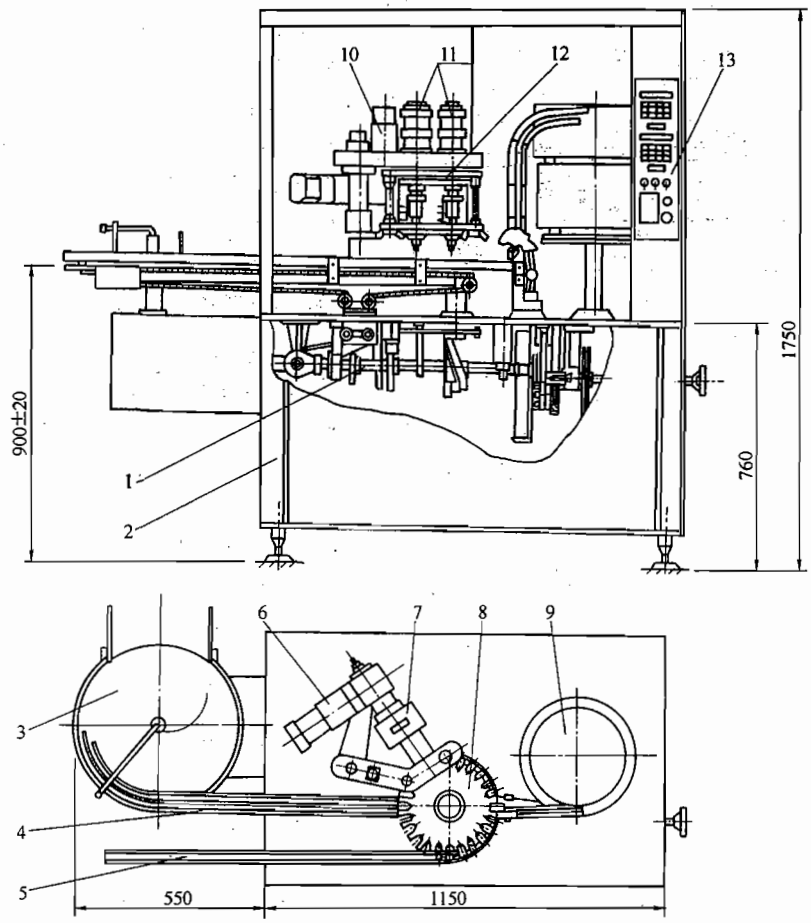


图 32-9 西林瓶螺杆分装机

1—机械传动系统；2—机架；3—进瓶盘；4—进瓶输送链；5—出瓶输送链；6—送粉电机；7—料斗；8—工作等分盘；9—振荡斗；10—搅拌电机；11—步进电机；12—分装机构；13—电气控制箱

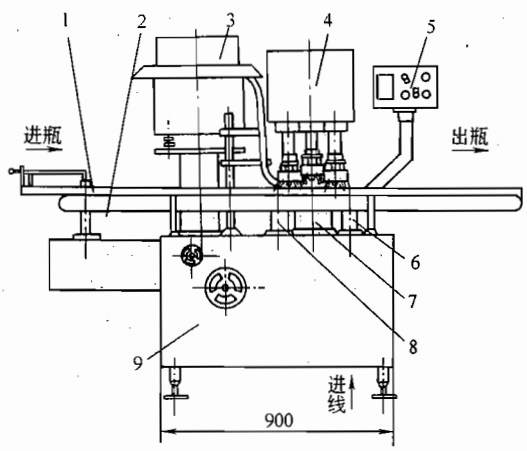


图 32-10 西林瓶轧盖机

1—进瓶盘；2—输送链；3—振荡器；4—多轴轧盖头；5—电控箱；6—出瓶等分盘；7—轧盖工作盘；8—进瓶等分盘；9—机械传动系统及机架

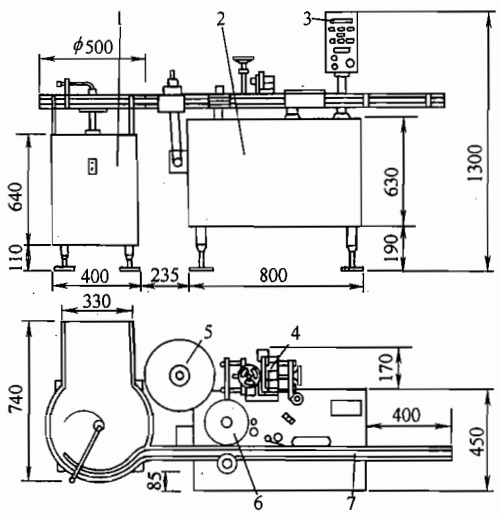


图 32-11 西林瓶自动印字贴标机

1—输瓶转盘；2—机架及机械传动系统；3—电气控制箱；4—热烫印字头；5—标签盘；6—收带盘；7—输瓶轨道

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

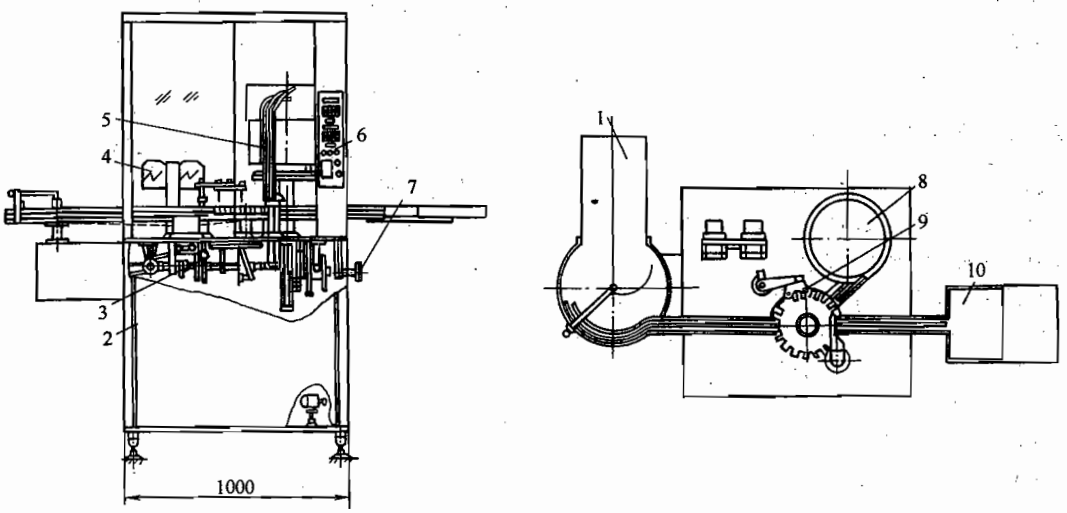


图 32-12　西林瓶液体灌装加塞机

1—进瓶盘；2—机架；3—机械传动系统；4—蠕动泵；5—胶塞轨道；6—电气控制箱；7—手轮；8—振荡斗；9—灌液装置；10—出瓶斗

表 32-6　西林瓶液体灌装加塞机主要技术参数

参　数	数　值					
装量范围/mL	0.1～0.5	0.5～1	1～2	2～5	5～10	10～50
装量误差/%标准装量	≤±1.5%	≤±1%	≤±1%	≤±1%	≤±0.5%	≤±0.5%
生产能力/(瓶/min)	120	120	120	120	120	80
加塞合格率/%	≥99					
真空度/MPa	6.6×10^{-2}					
抽气速率/[m^3(标)/h]	14					
用电功率/kW	1					
电压/V	220(变频调速)					
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2200×820×1750					
质量/kg	200					

与瓶子和液体接触部分采用优质不锈钢材料和 316L 制造。台面及机架周围采用不锈钢罩板，整机便于做清洁工作，本机为用户配备 100 级垂直层流净化装置，使生产符合 GMP 要求。

(1) 主要技术参数（见表 32-6）

(2) 设备外形（见图 32-12）

2　小容量口服液体制剂生产设备

2.1　口服液洗烘灌轧联动机组

BXKF5/25 型口服液洗烘灌轧联动机组由超声波清洗机、杀菌干燥机、口服液灌轧机组成，可完成超声波清洗、冲水、冲气、烘干消毒、灌装、轧盖等工序，主要用于口服液及其他小剂量溶液的联线生产，并可配以 NTY60/200 型贴标机组成理想的生产线。

(1) 主要技术参数

适用规格　5～25mL

生产能力　60～160 瓶/min

计量误差　≤±2%

轧盖合格率　>99%

单机数量　QCL40 型超声波清洗机一台

SZA420/20 型杀菌干燥机一台

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

DGZ8型口服液灌轧机一台

外形尺寸（长×宽×高）（8500×2100×2400)mm

总质量 5000kg

(2) 设备外形（见图32-13）

2.2 立式超声波清洗机

QCL型立式超声波清洗机

用于制药厂管制或模制抗生素瓶的清洗，也可用于针剂安瓿或口服液瓶的清洗。

本机为立式转鼓结构，采用机械手夹瓶、翻转和喷管作往复跟踪的方式，利用超声波清洗和水气交替喷射冲洗的原理，对容器逐个清洗。

(1) 主要技术参数

适用规格 瓶径 ϕ10～30mm

生产能力 12000瓶/h（最大）

耗水量 0.38m³/h

外形尺寸（长×宽×高）（2070×2100×1300)mm

总质量 1800kg

工作头数 40

电功率 12.35kW

耗气量 30m³（标）/h

(2) 设备外形（参见图32-13）

2.3 远红外杀菌干燥机

SZA420/20型远红外杀菌干燥机适用于制药厂针剂安瓿，口服液瓶等玻璃容器的干燥和灭菌。其特点是：采用空气净化原理及石英管远红外辐射加热工艺对玻璃容器进行干燥灭菌；隧道进出区域采用洁净空气保护，空气净化洁净度为100级；设置特殊装置，不断更换高温区域空气，符合GMP要求；具有自动控温、自动记录、变频调速，PC控制及故障显示等功能，自动化程度高。

(1) 主要技术参数

适用规格（范围） 1～2mL安瓿瓶、口服液瓶及其他类似圆柱形玻璃瓶

生产能力 67～300瓶/min

电功率 26kW

外形尺寸（长×宽×高）（3050×1200×1920)mm

总质重 1600kg

(2) 设备外形（参见图32-13）

2.4 口服液灌轧机

DGZ8型口服液灌轧机用于药厂小剂量的酊水、糖浆的灌装和轧盖工序，全机可完成理瓶、输瓶、定量灌装、理盖、送盖、轧盖工序，凡与药物接触的零件均采用不锈钢或聚四氟乙烯制造，具有无瓶停机，无瓶不送盖，无级调速等功能。

(1) 主要技术参数

生产能力 60～150瓶/min

适应规格 5～25mL

计量误差 ≤±2%

轧盖合格率 >99%

电功率 0.6kW

外形尺寸（长×宽×高）（2850×1400×1750)mm

总质量 1300kg

(2) 设备外形（参见图32-13）

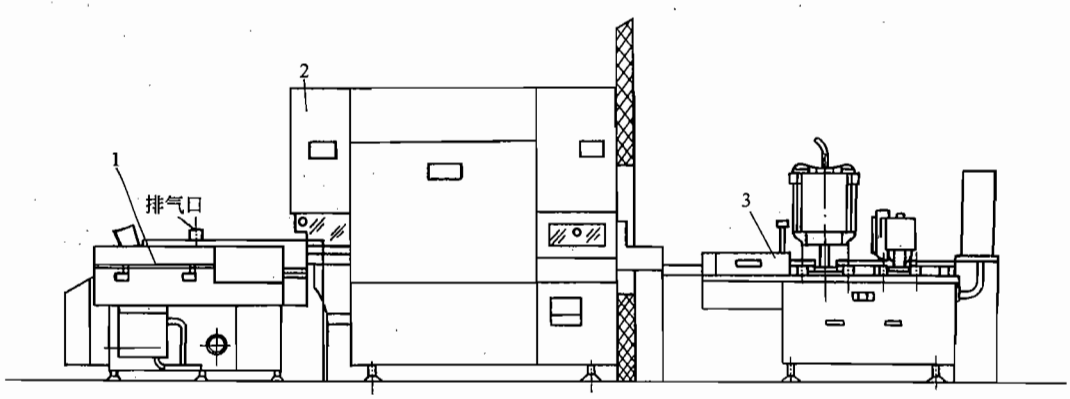


图32-13 BXKF5/25型口服液洗烘灌轧联动机组外形

1—超声波清洗机；2—杀菌干燥机；3—口服液灌轧机

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3 大容量液体注射剂生产设备

3.1 玻璃瓶输液生产设备

3.1.1 设备构成

理瓶机→外洗机→超声波洗瓶机→精洗机→灌装加塞机→高效轧盖机→自动上瓶机→灭菌柜→自动下瓶机→灯检机→贴标机

3.1.2 主要技术参数

① 生产能力：120瓶/min，全程变频无级调速

② 洗瓶澄明度合格率：≥99.5%

③ 装量误差：≤1%

④ 加塞合格率：≥99.5%

⑤ 轧盖合格率：≥99.8%

⑥ 贴签合格率：≥99.6%

3.1.3 联动线性能特点

① 全线从理瓶到轧盖、灯检到贴标，由输瓶机连接在一起，单台设备出现故障，可全线停车，实现联动，同时在不同洁净级别区域设有缓冲段，便于用户在不同洁净级别区域间隔断，输瓶机不跨区，不发生交叉污染，全线设备及输送带均配有导水盘、接水槽，不会向地面漏水。

② 全线各单机主要零部件均采用优质不锈钢材料，与药液接触的零部件材料均为316L不锈钢材质，符合制药GMP的要求。

③ 通用性好，可实现500mL、250mL、100mL规格切换。

④ 可根据用户需要选配先进的可编程控制器(PLC)、人机界面控制系统，在生产过程中自动平衡速度，具有故障报警、显示、自动停开机功能，自动化程度更高。

⑤ 无瓶不灌装。

⑥ 采用控制夹管气动阀的灌装时间控制计量，保证计量的精确。

⑦ 可在线清洗、消毒。

3.1.4 各单机性能特点

(1) LP03理瓶机

自动整理瓶经输瓶轨道输送至下道工序。

(2) QWX100/500型外洗机

① 独特的动力置于毛刷上部的机构设计，克服了皮带打滑、电机易浸水等缺陷。

② 喷水均匀，洗涤效果好，常水回收集中，地面无污染。

(3) CSX100/500型超声波洗瓶机

① 利用超声波的空化作用对瓶子内、外壁进行清洗，既不用消耗碱液，也不用毛刷洗，降低了生产成本且有利于环保。

② 侧向进瓶可保证瓶子在清洗槽中完全注满水，保证清洗无死角，使洗瓶更合理，更彻底。

③ 结构简单，适当调节即可满足多种规格的生产需要。

(4) SQLC32立式精洗机

① 采用气、水交替，六道工序独特洗瓶方式，保证了洗瓶的洁净度。

② 结构紧凑，操作简单，自动化程度高。

③ 采用优质不锈钢及无腐材料制造，符合GMP规范要求。

④ 技术参数：

生产能力：120瓶/min（适用容量规格：100～500mL）

注射用水耗量：0.76m³/h

耗气量：80m³（标）/h

外形尺寸：2550mm×2700mm×1400mm

总质量：1800kg

(5) DGS18/12型灌装加塞机

① 主要技术参数：

产量：120瓶/min，配PLC系统、触摸屏操作

灌装头数：18

加塞头数：12个

适用规格：100～500mL玻璃输液瓶　计量误差：≤1%

功率：主电机：7.5kW　气泵：1.5kW　输瓶电机：0.75kW

耗气量：0.4～0.6MPa　60m³（标）/h

全机尺寸：（长×宽×高）5000mm×2800mm×2020mm

② 工作原理如下。

具有灌装前后冲氮机构，能更好地帮助制药厂家满足GMP的要求。

本机结构简单紧凑，操作、清洗及更换规格件较为方便。

本机采用变频无级调速，绞龙进瓶，管道式灌装，振动理塞，真空吸塞，采用机械手交接瓶，无需更换规格件。

本机凡与药液接触的所有部分均无机械摩擦，且采用旋涡气泵对工作室无任何污染。

DGS18/12型玻璃瓶大输液洗灌塞联动机为玻璃瓶大输液生产中灌装、加塞两个工位合为一体的一台包装机，灌、塞两工位均采用主体旋转型式。

灌装部分：精洗完毕的玻璃瓶，由机械手传递到灌装部位，灌装嘴跟踪玻璃瓶实施灌装。灌装部位的上部配置有一个恒定液面平衡罐，来自车间稀配罐的药液管路由进液管路和溢流管路组成。进液管路通过恒压平衡罐顶部的电磁阀流入罐内，当平衡罐内药液

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

充满并达到设定的液面后，多余药液通过溢流管路过滤，由卫生泵抽回至稀配罐内。加塞部位采用真空抓塞，整机采用机械手夹持瓶颈定位并交接，绝不擦伤瓶及瓶底，既提高了生产效率，又保证了输液生产质量。

灌装计量部分：由每个灌装头上部灌装气动隔膜阀（或气动夹管阀）的开启时间控制。每个灌装电磁阀的开启时间可单独设定。液面一定，灌装时间一定，从而计量控制一致。当灌装头下部光电感应有瓶时，灌装气动隔膜阀（或气动夹管阀）打开，通过时间控制进行计量灌装。当灌装头下部缺瓶时，安装在该喷管上部的灌装气动隔膜阀（或气动夹管阀）关闭，装药液切断，实现无瓶不灌装的功能。

加塞压塞部分：该部分主要用于玻璃瓶输液生产线过程中药液灌装后输液瓶加丁基胶塞，采用旋涡气泵真空吸塞，凸轮控制压塞，能自动完成理塞、吸塞、排气、压塞等功能。传动平稳，无冲击，对中准确，压塞可靠。采用真空吸塞、压塞，灌药后的瓶子经出瓶机构、交接部件、加塞进瓶机构进入压塞部位机械手夹住瓶颈，同时丁基胶塞由理塞斗整理、供送至送塞槽。当进瓶机构处光电开关感应瓶子时，送塞槽处挡塞气缸推出，瓶塞往前进入吸塞部位，吸塞头沿凸轮曲线下行吸取瓶塞，然后吸塞头再沿凸轮曲线下行将瓶塞压入由机械手定位的玻璃瓶口。之后吸塞头沿凸轮曲线上行脱离，压塞后的瓶子经出瓶机构送入出瓶轨道，送入下道工序。利用旋涡气泵进行真空抓塞，对工作室无任何污染。

③ 性能特点

a. 结构紧凑、安装简捷、操作简单、自动化程度高，操作人员减少，生产效率高。生产线长度大为缩短，节省空间。

b. 既适用于玻璃输液瓶，且作部分改动时，又适用于普通 BOPP 塑料输液瓶和非瓶非袋塑料输液软瓶。

c. 由于采用机械手夹持瓶颈定位交接，定位精度高，规格调整极为方便。更换规格时稍作高度调整，更换少量规格件即可。

d. 加塞压塞系统采用可调式机械手夹持瓶颈定位，独特的吸塞头吸塞，对中准确，定位精度高。最大限度地降低压塞时瓶口“错位”的可能性，可靠地保证了加塞压塞的质量。

e. 自动化程度高，具有缺瓶不送塞等功能。

(6) FZ12 型高效轧盖机

① 自动理盖、落盖、压盖、轧盖，配有光电自控系统，堆瓶、缺瓶自动停机，与生产线其他设备联动。

② 采用先进的十二头压盖、轧盖新工艺，先压后轧，纠正挂盖偏盖，轧盖平顺，无伤瓶，轧盖后外形美观、合格率高。同时采用专业设计的轧刀角度与柔性轧刀，轧盖紧，高温灭菌后绝无松盖现象。

③ 可实现铝塑复合盖和全铝复合盖的快速切换。

(7) SPJ 型上瓶机

① 轧盖完毕的大输液瓶经缓冲储瓶，再输到上瓶机工位的输瓶机上，由上瓶机自动装载到灭菌车的各层上，然后送入灭菌柜灭菌。速度快、产量高，减轻工人劳动强度。

② 上瓶机采用机械、液压、气动、可编程控制器来实现全方位自动化运转。

③ 结构简单、动作可靠、性能稳定、自动推瓶、自动升降、速度可调，可实现先轧盖、先装车的要求。

(8) XPJ 型下瓶机

① 将由灭菌柜灭菌出来的大输液瓶经推瓶机从小车上推至输瓶机上，再经输瓶轨道自动分开输送至灯检线上，速度快、产量高，减轻工人劳动强度。

② 下瓶机采用机械、液压、气动、可编程控制器来实现全方位自动化运转。

③ 结构简单、动作可靠、性能稳定、自动推瓶、自动升降、速度可调。

(9) DJS25/1000 型灯检机

带灯检罩及工作平台，两列轨道进、一列轨道出，由输出的一列轨道将合格药瓶输至贴签工位，长度及灯检罩数量根据用户厂房定。

(10) GZT20/1000 型贴标机

本机为抽真空转鼓式直线贴标机，可完成自动涂胶、取签、吸签、贴标等功能。自动化程度高，合格率高，设计无瓶不递签等保护装置。

3.1.5 联动线产品质量与 GMP 验证通过性

① 与药液接触的零部件均采用 316L 材料制作，可提供材质证明和试样，外表用 304 不锈钢点砂板材料制作，外形美观、整洁。

② 其他材料的选用和结构设计，均充分考虑了完全避免与药液产生化学反应或吸附药液等因素。

③ 所有结构与部件的内腔光滑，无死角，有利于清洗及消毒灭菌。

④ 不同洁净级别区域间的传输均各自独立又分隔接力，既保证了联动又杜绝了交叉污染，全部配有接水槽、导水盘，绝不会向地面漏水。

⑤ 重要零部件采用了调质、淬火、渗碳等先进热处理工艺，确保产品的使用寿命。

⑥ 使用寿命。

a. 首次大修周期 7200 万瓶至 9600 万瓶。

b. 磨损寿命 10～15 年（正常负荷）

c. 技术寿命（指技术先进性维持时间）10～15 年。

3.2 塑料瓶输液生产设备

塑料瓶输液生产线与玻璃瓶输液生产线最大的不同就是增加了塑料瓶制瓶机设备。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

塑料瓶由输液厂自己制造，可减少污染和降低制造成本，材质用聚丙烯，其制造工艺大致经过原料混合、熔融、注射或挤出、吹塑后处理、冷却、检查、边角料粉碎再利用等步骤。塑料瓶成型方式可分为双轴延伸吹塑、中空成型、注射延伸吹塑成型三种方法。

吹塑成型是中空容器的主要成型方法。主要通过将热塑性材料挤出或注射成管状型坯（预备成型），然后用模具将型坯夹紧并通过模具内部的压缩空气喷嘴向型坯中吹入压缩空气，制成中空体并冷却固化。其工艺有中空吹塑成型或热型坯成型、注吹成型、冷型坯吹塑成型等。注射成型是由注射成型机将熔融状态的树脂定量注射到膜腔间，冷却后取出。

双轴延伸吹塑（简称二步法）、中空成型（简称挤吹法）的主要原理区别在于二步法使用注塑机制成瓶坯，在冷型坯内由热空气吹塑成型；而挤吹法是先制成管材，再用热型坯压制成型。而二步法设备必须先在注塑机上制瓶坯，对型坯进行二次吹热前需要对型坯进行冷却，而且冷却时间的长短直接影响成型后塑料瓶的透明性，因此整套设备占地面积较大。

3.2.1 ETMK-360 型注塑机（图 32-14）

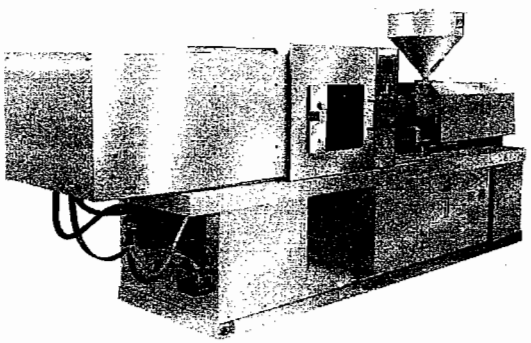


图 32-14 ETMK-360 型注塑机

(1) 用途及特点

塑料瓶注射成型机设计合理先进，具有高效、节能可靠、低噪声之优点。适合生产输液瓶瓶坯、塑料瓶盖等各种高精度的热塑性塑料制品。锁模力、注射容量、注射速率、塑化能力等技术指标均符合行业标准，全电脑控制自动化程度高。PLC 可编程序控制器控制机器协调工作，各动作的多级压力、速度调节方便，经济可靠。屏显电脑方便人机对话，以实现各动作多级压力、速度的调节，合理控制机器运行，并能自动诊断故障和报警显示。

(2) 锁模系统性能特点

七支点双曲杆斜排列锁模装置，启、闭模速度快，无冲击。

镀硬铬拉杆，耐磨损，防腐蚀。

多级开、闭模速度及注射成型压力控制。

液压顶出装置。

液压驱动调模，换模方便、快捷。

集中润滑系统。

配有电气、机械双重保险装置，安全可靠。

(3) 主要技术参数

实际注射质量	900g
塑化能力	52g/s
合模力	3600kN
拉杆内间距	640×640mm
最小模厚	250mm
油泵最大压力	14MPa
油泵电机功率	30kW
注射速率	330g/s
注射压力	179MPa
移模行程	580mm
最大模厚	600mm
顶出行程	125mm
加热功率	14.85kW
外形尺寸	6500mm×1600mm×2400mm（长×宽×高）
质量	5000kg

3.2.2 CPS-8 型吹瓶机（图 32-15）

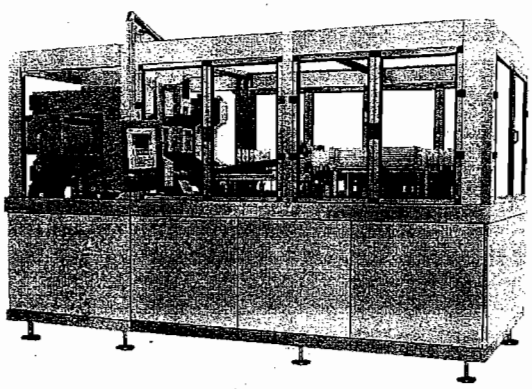


图 32-15 CPS-8 型吹瓶机

(1) 主要用途

CPS-8 型吹瓶机是引进国外先进技术，进行消化、吸收并综合国内现有制造技术，推出的新一代二步法全自动吹瓶机组。

(2) 性能特点

CPS-8 型吹瓶机采用双向拉伸工艺，使塑料输液瓶具有高透明度、高拉伸强度（达 30MPa 以上），完全满足 122℃的高温灭菌处理，优良的耐水性等性能，吸水性少于 0.02%，突出的对水蒸气阻隔性能，提高了大输液的保质度。

工艺流程全部自动化，微电脑控制，稳定可靠。液压系统全封闭，具有反馈控制的比例压力流量控制，且用高精度电子尺控制距离，快速平稳，低噪声。

送瓶坯，取瓶子采用机械手装置，自动稳定可

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

靠。采用红外线加温，穿透力强，能耗低，瓶坯自转受热，加热均匀，多区自动控温，从而保证制瓶质量。

(3) 主要技术参数

生产能力	2000～4000 瓶/h
塑料瓶规格	50mL、100mL、250mL、500mL
模型尺寸	820mm×520mm（每膜 8 腔，瓶中心距 95mm）
装机总功率	80kW
锁模力	700kN
吹瓶气压	1.0～3.0MPa、5～10m³（标）/h
动行气压	0.6～0.8MPa、0.6～1m³（标）/h
油泵工作压力	16.3MPa、3.1～11.6L/r
常水耗量	80L/min
外形尺寸	4000mm × 4800mm × 3000mm（长×宽×高）
机器质量	8000kg

3.2.3 QCJ32（18）型塑料瓶清洗机（图 32-16）

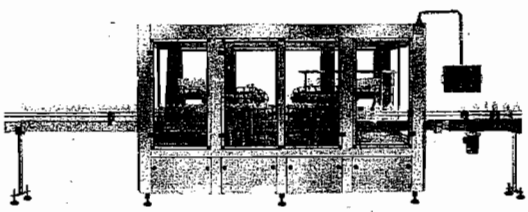


图 32-16 QCJ32（18）型塑料瓶清洗机

(1) 主要用途

本机主要适用医药行业大输液塑料瓶清洗和糖浆塑料瓶清洗，也可适用于其他塑料包装容器的清洗。

(2) 性能特点

本机由气洗与水洗两个清洗转盘组成。塑料瓶进入清洗工位时瓶口翻转朝下，冲气和冲水喷管插入瓶内冲气、冲水；每个转盘分为三个工位，气洗转盘连续三次对瓶内吹离子风，水洗转盘对瓶内冲纯化水一次、注射用水一次，最后一次洁净空气吹干。转盘采用间隙旋转运动，每组进瓶六个。每次冲洗时间可编程设定，可根据不同规格设定冲洗时间，减少水、气浪费。两次冲水分开并单独回收，可将注射用水回收过滤后当作纯化水使用，节约用水。结构简单，更换规格容易，操作维修方便。

(3) 主要技术参数

生产能力	3000～6000 瓶/h（3000 瓶/h）
适应规格	500mL、100mL、250mL、500mL 大输液塑料瓶
压缩空气压力	0.6MPa
压缩空气耗量	2m³（标）/min [1m³（标）/min]
纯化水压力	0.2MPa
纯化水耗量	1.2m³/h
注射用水压力	0.2MPa
注射用水耗量	1200L/min（600L/min）
主电机功率	1.5kW 380V 50Hz
总功率	3kW
外形尺寸	6200mm × 2150mm × 2375mm（长×宽×高）
设备质量	4000kg

3.2.4 SGF18/32（12/18）型塑料瓶大输液灌封机（见图 32-17）

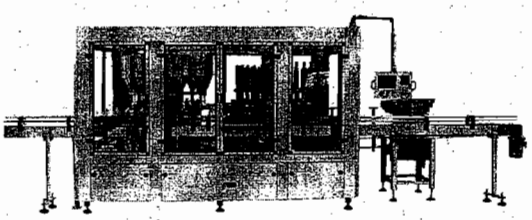


图 32-17 SGF18/32（12/18）型塑料瓶大输液灌封机

(1) 主要用途

该机是一种旋转式塑料瓶大输液灌装、封口生产设备，可适用于 50mL、100mL、250mL、500mL 等各种规格的塑料瓶大输液的生产，能自动完成输液、灌装、上盖、封盖等工序。

(2) 性能特点

集灌、封于一体，结构紧凑，操作人员少，占用洁净区域面积小。

灌装与封口两部分采用离合器连接，紧急情况可脱开，停止灌装。

灌装与封口之间用 800mm 长轨道连接，便于调整装量。

采用自流等距恒速原理灌装，计量准，药液中无机械摩擦产生的微粒。

灌装与封口均采用绞龙进瓶，实现进出瓶同步。

取盖采用机械手取盖形式，取盖准确可靠，噪声低。

独特的熔焊装置，使瓶口和瓶盖加热均匀，熔封效果密闭牢固，不渗漏。

封口导向好，对中性好，保证了封口的严密性和美观度。

采用瓶口定位，规格件少，更换容器规格快捷。

瓶口和盖口的加热通过加热板伸缩控制，大大降低包材的损耗，产品合格率高。

采用人机界面操作，控制箱可以旋转移动，方便方位操作。选材考究，造型美观大方。

(3) 技术参数

灌装头数	18（12）
封口头数	32（18）
生产能力	3600～6000 瓶/h（3000 瓶/h）
主电机功率	3kW
封口功率	12kW
压缩空气压力	0.6MPa

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

压缩空气耗量	0.2m³（标）/min［0.1m³（标）/min］
适用瓶型	塑料瓶径 30～80mm，瓶高 95～200mm
适用盖种	塑料组合盖
调速方式	变频无级调速
外形尺寸	5800mm×2150mm×2375mm（长×宽×高）
总质量	3500kg

3.2.5 DSM500型全自动热收缩包装机（图32-18）

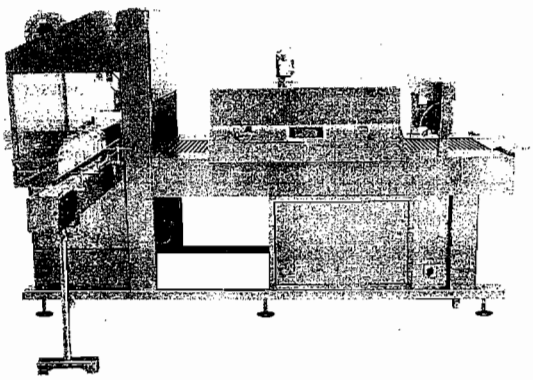


图32-18 DSM500型全自动热收缩包装机

（1）主要用途

该包装机能适应多种形状、规格的物品进行单体集合、托盘和纸盒外用聚乙烯等材料的收缩膜包装，该机收缩包装的物品具有防潮、防蛀、防破损、表面消毒保洁作用。本机采用国际先进技术，综合日本和瑞典同类机之所长、结合国内制药行业产品的需要而研制的，采用变频调速器、气动元件、PLC控制。更适合于瓶装、灌装产品的集束收缩包装，尤其适用制药行业的大输液500mL、250mL、100mL、50mL的热收缩包装。

（2）主要技术参数

适用范围	圆形、方形等各种规则几何形状物品的集束包装
产量	14～18包/min（1包=2～10瓶）
最大包装尺寸	450mm×250mm×230mm
主电机功率	14kW 380V 50Hz
工作气压	0.4MPa
外形尺寸	2700mm×1100mm×1450mm（长×宽×高）
质量	700kg

3.3 非PVC膜软袋输液生产设备

3.3.1 DSY型非PVC膜软袋输液生产线（图32-19）

（1）主要用途

非PVC多层共挤膜软袋包装输液，具有无毒、与药液相容性强，输液时软袋自动回缩等特点，所以不需要加进气管而消除了输液过程中的二次污染；空

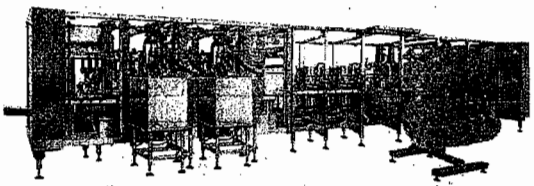


图32-19 DSY型非PVC膜软袋输液生产线

袋回收不污染环境；隔气隔水性好、保质期长；耐120℃高温灭菌；抗低温性好和运输方便等优点。DSY系列生产线由印刷、制袋、进袋、灌装、封口等几部分组成，能自动完成印字、制袋、进袋、灌装、排气封口、出袋等工序。后面还可配软袋输送、灭菌、检漏、灯检等辅助设备。

（2）性能特点

应用先进技术，结构合理、性能稳定可靠。

全自动化、智能化控制，控制原件和执行原件均选用国际著名品牌。

制袋、灌封同时进行，减少了中间环节可能造成的二次污染，符合GMP要求。

设备配打字印刷系统，商标、产品说明、批号、生产日期等均可同时印出。

采用先进的灌装方式，计量准，无机械摩擦产生的微粒，并能做到无袋不灌装，且每个灌装头的装量均可通过人机界面输入或改变，计量调整十分方便。

灌装系统可实现在位清洗（CIP）和在位消毒（SIP）。

封口前可排出袋内空气。

采用非接触式热熔焊接封口，无污染且封口严。

通用性强，可生产不同规格的软袋输液产品。

用材考究，外形美观大方。

（3）主要技术参数（见表32-7）

① 印字 印字包括批号、生产日期、有效期等三行及标签内容，更换批号不需要将整个印板拆下；热箔膜卷的更换无需工具，由气动夹具固定。

② 技术先进的焊接模具 采用整体焊合成型模具，使成型的袋形一致，不存在错位现象，独特渗透性镀层，提高了焊接质量，焊接模具寿命大大增加。

③ 袋口热合 采用提前预热，多次焊封的技术，使其适应不同厂家塑料原料和膜材，使用户有更多的选择余地。

④ 送袋 制好的成品袋由机械手夹持，翻转送至灌装工位。

⑤ 灌装 采用质量流量计计算，灌装精度高，焊接封口前设备带有挤压排出空气装置，精度控制，可以使袋内的空气残留最少，且保持统一的外观。

⑥ 封口 真空吸取外盖，不产生任何颗粒；夹具夹持定位更加准确，非接触式热熔焊接方式，不会产生颗粒，精确控制焊盖压力和时间，确保焊接质量。盖传送采用洁净的压缩空气，避免了组合盖间挤压摩擦产生微粒的污染。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-7 主要技术参数

型号 MODEL	DSY-2	DSY-3	DSY-4	DSY-6
最大生产能力	2500 袋/h	2000 袋/h	3000 袋/h	4500 袋/h
每次制袋数	2	3	4	6
每次灌装封口数	2	3	4	6
电容量	25kW,380V,50Hz	25kW,380V,50Hz	32kW,380V,50Hz	32kW,380V,50Hz
0.6MPa 压缩空气	耗气量 2m³(标)/min	耗气量 3m³(标)/min	耗气量 4m³(标)/min	耗气量 4m³(标)/min
0.4MPa 洁净空气	耗气量 0.9m³(标)/min	耗气量 0.9m³(标)/min	耗气量 1m³(标)/min	耗气量 1m³(标)/min
冷却水	300L/h,15～20℃			
灌装药液	压力 0.1～0.2MPa T≤50℃			
膜筒尺寸	膜筒内径:150mm;膜筒外径≤600mm			
制袋膜	非 PVC 双层平膜 膜厚(192±20)μm			
袋型	单管、热熔焊接封口			
材质	主要材质为 304 不锈钢,其中与药液接触处为 316L 材质			
生产规格	100mL、250mL、500mL、1000mL	100mL、250mL、500mL、1000mL	100mL、250mL、500mL、1000mL	50mL、100mL、250mL
质量	6000kg	10000kg	12000kg	12000kg
外形尺寸 ($L\times W\times H$)/mm	7650×2500×2050	10805×3500×2050	13392×3906×2050	13392×3906×2050

⑦ 成品出袋 灌装封口后的软袋采用夹持式夹具定位出料，出料同时，对灌装不合格产品进行剔除。合格产品通过皮带输送机，输送至灭菌工序。

3.3.2 DXD450 型自动枕式包装机（图 32-20）

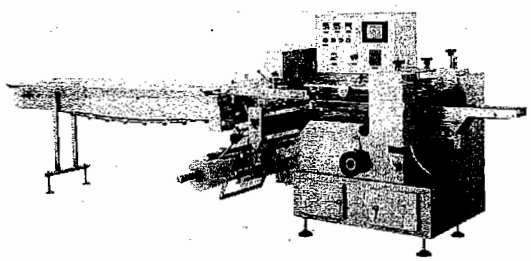


图 32-20 DXD450 型自动枕式包装机

(1) 用途及特点

卧式枕式包装机能自动完成筒状卷膜的制袋、裹包、封合、切断等功能。适用于药品、化妆品、肥皂日用品及工业零件的包装，特别是塑料瓶大输液、软袋大输液的包装。本机使用范围广泛，通过调速可迅速变换包装品种。本机使用人机界面操作，全部控制元件采用进口产品，操作简便、性能稳定可靠。

(2) 主要技术参数

包装材料最大宽度	450mm
电机功率	1.16kW
成型包装尺寸	长 90～400mm、宽 10～150mm、高 15～60mm
电压	380V 50Hz
生产能力	50～150 包/min
电热功率	2.5kW
外形尺寸	5000mm×1100mm×1500mm（长×宽×高）
总质量	1000kg

4 注射用水制备设备

注射用水主要用于药品生产的水针、输液、冻干等注射剂产品中，用作配料水，器具灭菌、清洗以及制药实验室试剂配制等。注射用水质量标准必须符合中国药典的有关要求。

注射用水制备设备由多效蒸馏水机，纯蒸汽发生器，注射用水储罐，泵，换热器以及循环回路等组成。本节仅简要介绍多效蒸馏水机，纯蒸汽发生器以及注射用水储罐等。

4.1 多效蒸馏水机

本机以纯化水为原料水，蒸汽为加热源，采用列管降膜，螺旋离心分离结构，生产纯度高、无热原、水质稳定、符合中国药典规定的注射用水。由于采用多效蒸馏法，可节约大量能源。

(1) 特点

① 采用立管降膜蒸发结构，可充分利用热能，节能效果显著。

② 大螺旋旋风分离结构，可彻底分离热原杂质等。

③ 采用优质 316L 不锈钢制作，符合制药设备用材要求。

④ 采用列管双管板结构换热器，可有效防止因换热器泄漏而使注射用水被加热蒸汽污染。

(2) 主要技术参数（见表 32-8）

(3) 设备外形（见图 32-21）

4.2 纯蒸汽发生器

纯蒸汽发生器是以纯化水为原料水，蒸汽为加热源，采用列管降膜螺旋离心分离结构，生产无热原、高纯度蒸汽的设备。该设备广泛应用于医疗卫生、生

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

物制药、食品工业的灭菌消毒以及相关器具的消毒，可有效地防止重金属、有机物质（热原）等杂质对物体的再污染。

(1) 技术参数（见表32-9）

(2) 设备外形（见图32-22）

表32-8 多效蒸馏水机主要技术参数

型 号	效数	生产能力 /(kg/h)	加热蒸汽用量 /(kg/h)	冷却水用量 /(kg/h)	进料水用量 /(kg/h)	外形尺寸 (长×宽×高)/mm	质量/kg	配电 /kW
		蒸汽压力 0.3～0.6MPa(143～165℃)						
LD100	3	100～170	45～78	144～257	120～204	900×650×2300	300	1.5
LD100	4	100～170	32～55	65～111	120～204	1000×650×2300	360	1.5
LD100	5	100～170	26～45	26～45	120～204	1300×650×2300	430	1.5
LD200	3	200～340	91～155	288～491	240～408	1000×650×2400	450	2
LD200	4	200～340	64～109	130～221	240～408	1250×650×2400	520	2
LD200	5	200～340	52～89	52～89	240～408	1500×650×2400	600	2
LD500	4	500～790	160～253	325～514	600～948	1400×900×3100	900	3
LD500	5	500～790	130～205	130～205	600～948	1700×900×3100	1100	3
LD500	6	500～790	105～166	52～82	600～948	2000×900×3100	1300	3
LD1000	4	1000～1780	320～570	650～1157	1200～2136	1600×1000×3500	2150	3
LD1000	5	1000～1780	260～461	260～463	1200～2136	1800×1000×3500	2350	3
LD1000	6	1000～1780	210～374	104～185	1200～2136	2200×1000×3500	2600	3
LD1500	4	1500～2450	480～790	975～1592	1800～2940	1700×1100×3600	2050	3
LD1500	5	1500～2450	390～636	390～637	1800～2940	1900×1100×3600	2430	3
LD1500	6	1500～2450	316～516	156～255	1800～2940	2300×1100×3600	2900	3
LD2000	5	2000～3440	525～1102	520～894	2400～4128	2400×1200×3900	2800	4
LD2000	6	2000～3440	423～892	208～358	2400～4128	2850×1200×3900	3100	4
LD3000	5	3000～5200	780～1350	780～1352	3600～6240	2900×1400×4100	4800	4
LD3000	6	3000～5200	630～1100	312～540	3600～6240	3500×1400×4100	5600	4
LD5000	6	5000～7900	1050～1660	520～821	6000～9480	4200×1600×4500	8300	6
LD5000	8	5000～7900	700～1100	85～131	6000～9480	5000×1600×4500	9500	6

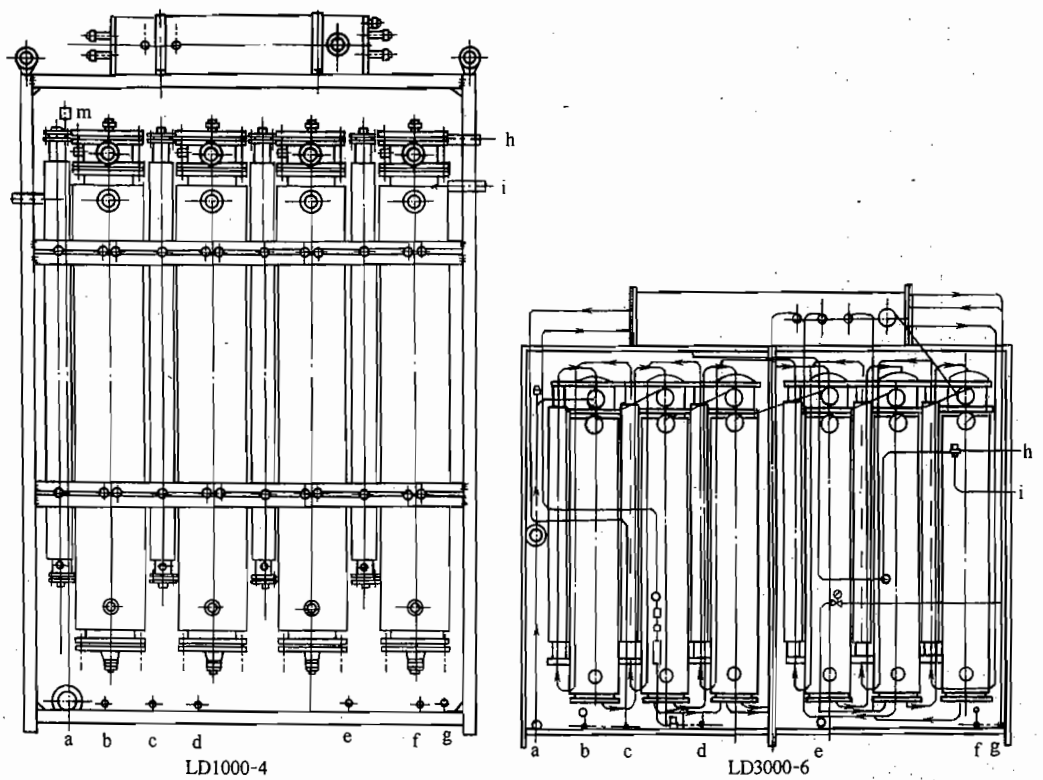


图32-21 多效蒸馏水机外形

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-9 纯蒸汽发生器主要技术参数

型 号	加热蒸汽压力 /MPa	纯蒸汽产量 /(kg/h)	加热蒸汽耗量 /(kg/h)	原料水用量 /(kg/h)	泵电机功率 /kW	机器质量 /kg	外形尺寸 (长×宽×高)/mm
LCZ100	0.3～0.6	100～160	130～200	120～192	0.75	360	800×500×2300
LCZ200		200～360	260～460	240～432	0.75	420	900×500×2600
LCZ300		300～480	390～625	360～570	0.75	560	1000×700×2900
LCZ400		400～650	520～840	480～780	0.75	600	1100×900×3200
LCZ500		500～790	650～1032	600～948	0.75	750	1200×900×3200
LCZ600		600～980	780～1275	720～1176	1.1	900	1200×900×3200
LCZ800		800～1400	1040～1820	960～1680	1.1	1000	1400×1000×3500
LCZ1000		1000～1600	1300～2080	1200～1920	1.5	1200	1500×1200×3900

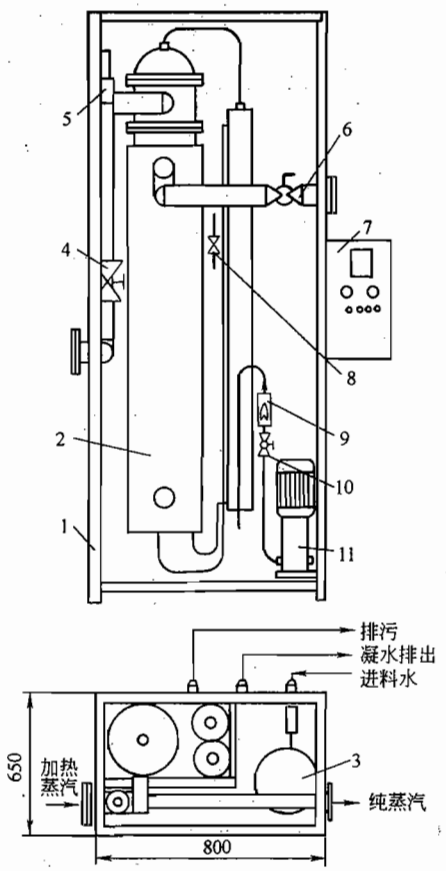


图 32-22 LCZ200 纯蒸汽发生器

1—机架；2—蒸馏塔；3—预热器；4—蒸汽柱塞阀；5—安全阀；6—纯蒸汽阀；7—电控箱；8—取样阀；9—流量计；10—进水阀；11—进料水泵；

4.3 注射用水储罐

注射用水储罐主要用于存放由多效蒸馏水机制备的注射用水，其结构形式及材料选用必须符合 GMP 的要求。同时，由于注射用水系统必须定期进行灭菌，因此设备必须耐受一定的压力。

注射用水储罐分为带加热型和不带加热型两种，根据《钢制焊接容器技术条件》进行设计制造、试压和验收。设备采用优质 316L 不锈钢制造，内表面镜面抛光，$R_a=0.28\mu m$，外表面抛亚光、镜面、喷砂等处理。保温材料采用聚氨酯发泡保温，耐高温、抗老化珍珠棉等材料。储罐采用标准快装卫生型卡箍接口。一般储罐均带液位计、温度计、空气呼吸口、进出液口、人孔及循环系统接口、清洗球等附件。

(1) 卧式保温加热注射用水储罐（见图 32-23，表 32-10）

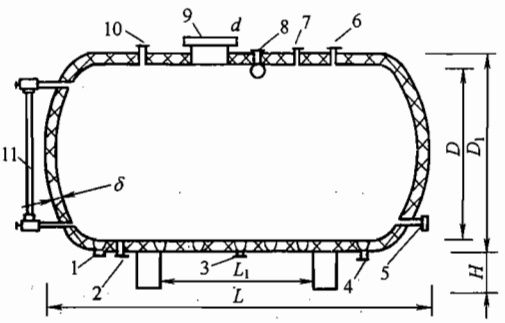


图 32-23 卧式保温加热注射用水储罐

1—蒸汽出口；2—出料口；3—冷凝水出口；4—蒸汽进口；5—液位计接口数显；6—进液口；7—呼吸口；8—清洗口；9—人孔；10—温度计；11—液位计

表 32-10 卧式保温加热蒸馏水储罐主要技术参数

规格	参考尺寸/mm							
/L	D	D_1	L	L_1	H	d	δ	DN
1000	1000	1200	1880	1000	400	400	3	40
1200	1000	1200	2200	1160	400	400	3	40
1500	1100	1300	2100	1100	400	400	3	40
2000	1300	1500	2270	1200	400	400	4	40
2500	1300	1500	2650	1400	450	400	4	40
3000	1400	1600	2600	1400	450	400	5	40
4000	1500	1700	3000	1600	450	400	5	40
5000	1700	1900	3000	1600	450	400	5	50
6000	1800	2000	3080	1640	450	400	6	50
8000	2000	2200	3500	1870	450	400	6	50
10000	2000	2200	4050	2170	450	400	6	50
20000	2500	2600	4650	2560	450	400	8	80

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 卧式保温（无加热）注射用水储罐（见图 32-24，表 32-11）

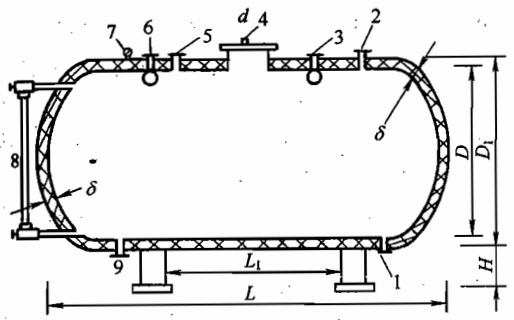


图 32-24　卧式保温（无加热）注射用水储罐结构示意
1—备用口；2—呼吸口；3—清洗器；4—人孔；5—进液口；6—清洗器；7—数显式温度计；8—液位计；9—出液口

表 32-11　卧式保温（无加热）注射用水储罐主要技术参数

规格/L	参考尺寸/mm							
	D	D_1	L	L_1	H	d	δ	DN
1000	1000	1100	1780	1000	400	400	3	40
1200	1000	1100	2100	1160	400	400	3	40
1500	1100	1200	2000	1100	400	400	3	40
2000	1300	1400	2170	1200	400	400	4	40
2500	1300	1400	2550	1400	450	400	4	40
3000	1400	1500	2500	1400	450	400	5	40
4000	1500	1600	2900	1600	450	400	5	40
5000	1700	1800	2900	1600	450	400	5	50
6000	1800	1900	2980	1640	450	400	6	50
8000	2000	2100	3400	1870	450	400	6	50
10000	2000	2100	3950	2170	450	400	6	50
20000	2500	2600	4650	2560	450	400	8	80

(3) 立式保温（带加热）注射用水储罐

本系列容器具有加热和保温功能，按《钢制焊接容器技术条件》进行设计制造、试压和验收。容积有100～10000L等规格，也可根据客户实际需要进行设计、加工。容器保温材料采用聚氨酯发泡保温，耐高温、抗老化珍珠棉保温。接口为国际标准快装卡盘式、内胆为316L，内表面镜面抛光 R_a0.28μm，外表面抛亚光镜面、喷砂或抛亚光。罐体有液位计、空气呼吸口、温度计、进出液口、循环泵接口、人孔、洗罐器。结构如图32-25所示。

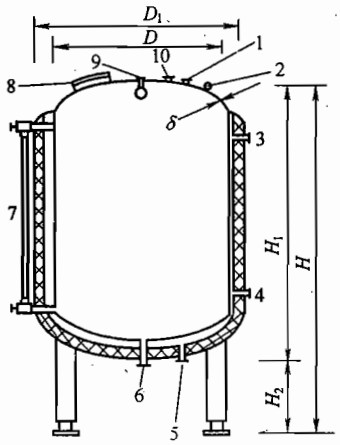


图 32-25　立式保温（带加热）注射用水储罐结构示意
1—进液口3个；2—数显式温度计；3—蒸汽进口；4—蒸汽出口；5—冷凝水出口；6—出液口；7—液位计；8—人孔；9—洗罐器；10—呼吸口

(4) 立式保温（无加热）注射用水储罐（见图32-26，表32-12）

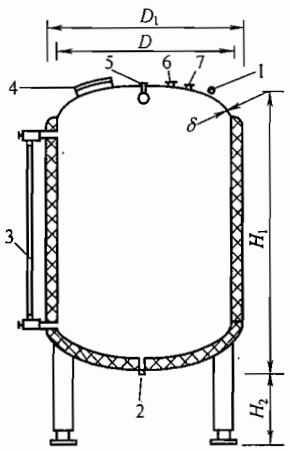


图 32-26　立式保温（无加热）注射用水储罐
1—温度计；2—出液口；3—液位计；4—人孔；5—洗罐器；6—呼吸口；7—进液口

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-12 立式保温（无加热）注射用水储罐主要技术参数

规格/L	参考尺寸/mm					
	D	D_1	H	H_1	δ	DN
100	500	600	1050	800	3	32
150	500	600	1250	1000	3	32
200	600	700	1250	1000	3	32
300	700	800	1250	1000	3	32
500	900	1000	1250	1000	4	40
600	1000	1100	1250	1000	4	40
1000	1200	1300	1600	1250	5	40
1200	1200	1300	1800	1450	5	40
1500	1300	1400	1800	1450	5	40
2000	1400	1500	2000	1650	5	40
2500	1400	1500	2200	1800	5	40
3000	1500	1600	2350	1900	6	40
4000	1700	1800	2450	2050	6	40
5000	1800	1900	2650	2200	6	50
6000	1800	1900	3050	2550	6	50
8000	2100	2200	3050	2550	8	50
10000	2200	2300	3400	3000	8	50

5 液体制剂配料系统

液体制剂包括水针剂、大输液、冻干制剂和口服液等，配料系统主要由配料罐、药液储罐、药液过滤器和输送泵等组成。该系统是液体制剂生产的重要组成部分。

药品生产质量管理规范（GMP）要求，与药品直接接触的设备表面应光洁、平整、易清洗或消毒、耐腐蚀，不与药品发生化学变化或吸附药品，并且使用材料应无毒性。根据国内外工程实践证明，316L不锈钢是注射剂生产的最合适材料。美国FDA亦认可并推荐使用。注射剂配料系统的配料罐、过滤器、输送泵、阀门等与药品直接接触的部位均采用该材料。

非金属材料有聚四氟乙烯、硅橡胶、聚砜、聚丙烯、乙酸纤维、尼龙等可供选择。密封件、过滤介质等可选用上述材料。

5.1 配料罐

选用配料罐材料时，应考虑减少材料对药液的影响，减少所需能源和空间污染等要求，其首选材料为316L不锈钢。同时根据物料性质和经济状况，对口服液体制剂产品，可酌情选用钛钢，304不锈钢等。

配料罐常采用椭圆封头，夹套换热，带机械搅拌，搅拌转速通常可调，物料管口均采用国际通用标准快装卡箍式，罐内安装有液位计（无触电超声波传感器或快开式玻璃管等形式），空气呼吸器，温度计（数显或表盘式），清洗球，视镜等。

配料罐必须能耐受0.2MPa，121℃的蒸汽灭菌。配料罐一般安装在洁净生产区内，配料罐的夹套及支撑等应采用不锈钢制作，夹套保温层外应有不锈钢保护层。搅拌电机及减速机等宜有不锈钢保护罩。

5.1.1 PXB型配料罐（见图32-27，表32-13）

5.1.2 PTJ型配料罐（见图32-28，表32-14）

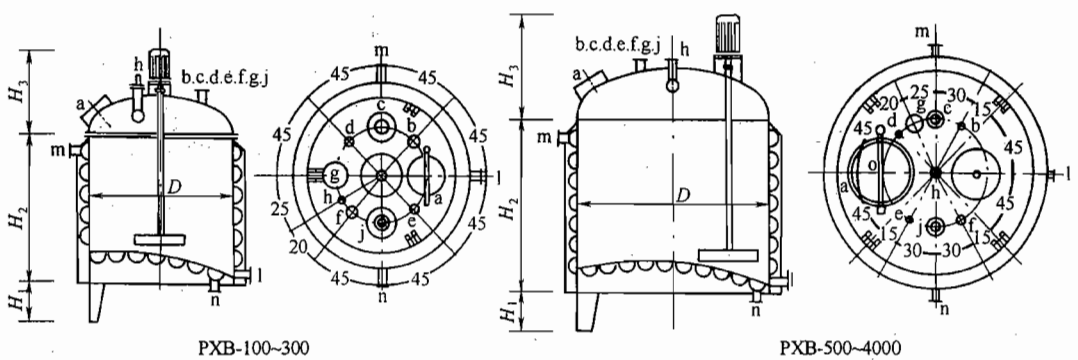


图 32-27 PXB型配料罐

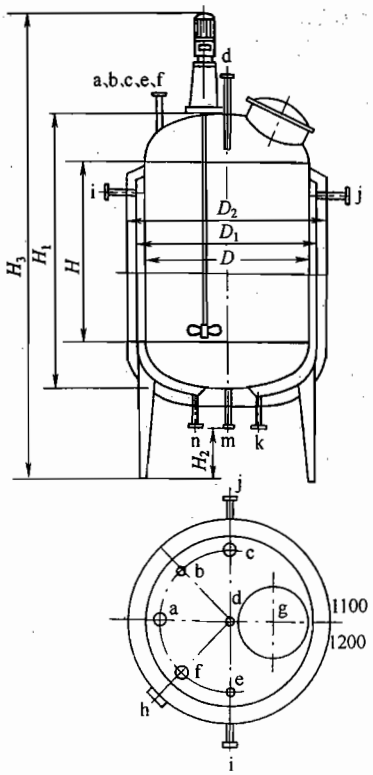
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-13 PXB 型配料罐主要技术参数 /mm

规格		型号										
		PXB-100	PXB-200	PXB-300	PXB-500	PXB-800	PXB-1000	PXB-1500	PXB-2000	PXB-2500	PXB-3000	PXB-4000
外形尺寸	D	500	600	700	800	1000	1100	1300	1400	1500	1600	1800
	H_1	300	300	300	300	300	300	320	320	320	320	320
	H_2	500	600	650	800	850	900	900	1000	1150	1200	1300
	H_3	615	635	665	685	725	855	935	1055	1075	1105	1155
接管和开孔	a	*DN*100	*DN*150	*DN*150	*DN*400	*DN*400	*DN*450	*DN*450	*DN*450	*DN*450	*DN*450	*DN*450
	b	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32
	c	*PN*0.6 *DN*50	*PN*0.6 *DN*50	*PN*0.6 *DN*80	*PN*0.6 *DN*80	*PN*0.6 *DN*80	*PN*0.6 *DN*125	*PN*1.0 *DN*125	*PN*1.0 *DN*125	*PN*1.0 *DN*125	*PN*1.0 *DN*125	*PN*1.0 *DN*125
	d	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25
	e	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25
	f	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40
	g	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100	*PN*1.0 *DN*100
	h	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50
	j	*PN*0.6 *DN*50	*PN*0.6 *DN*50	*PN*0.6 *DN*50	*PN*0.6 *DN*80	*PN*0.6 *DN*80	*PN*0.6 *DN*125	*PN*0.6 *DN*125	*PN*0.6 *DN*125	*PN*0.6 *DN*125	*PN*0.6 *DN*125	*PN*0.6 *DN*125
	l	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50
	m	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50
	n	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*25	*PN*1.0 *DN*32	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*40	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50	*PN*1.0 *DN*50
搅拌电机/kW		0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	1.1	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2

注：接管和开孔符号说明：a—人孔；b—温度计口；c—视灯口；d—备用口；e—呼吸口；f—备用口；g—探头口；h—清洗球接口；j—视镜；l—出料口；m—蒸汽进口、冷却水出口；n—冷凝水出口、冷却水进口。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



管口方位

图 32-28 PTJ 型配料罐

表 32-14 PTJ 型配料罐主要技术参数

规格/L	D	D_1	D_2	H	H_1	H_2	H_3	电机功率/kW
300	800	900	1000	430	880	300	2300	0.55
500	1000	1100	1200	600	1140	300	2600	0.75
1000	1200	1300	1400	800	1400	300	2700	1.1
1500	1300	1400	1500	1000	1700	300	2900	1.5
2000	1500	1600	1700	1000	1900	350	2950	2.2
3000	1700	1800	1900	1000	1900	350	3200	3
5000	1800	1900	2000	1700	2800	350	4030	4

规格/L	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	m	n
300	32	20	32	32	20	32	420	20	25	25	25	40	25
500	32	20	32	32	20	32	420	20	25	25	25	40	25
1000	32	20	32	32	20	32	420	20	25	25	25	40	25
1500	32	20	32	32	20	32	420	20	25	25	25	40	25
2000	40	20	40	50	20	40	420	20	32	32	32	50	32
3000	40	20	40	50	20	40	420	20	32	32	32	50	32
5000	40	20	40	50	20	40	420	20	40	40	40	50	40
连接方式	卡箍	卡箍	法兰	卡箍	卡箍	法兰			法兰	法兰	法兰	卡箍	法兰

注：接管和开孔符号说明：a—纯化水进口；b—氮气进口；c—排气口；d—清洗口；e—物料口；f—回流液进口；g—人孔；h—温度计；i—蒸汽进口；j—冷水出口；k—冷凝水出口；m—出料口；n—冷水进口

5.2 过滤器

根据 GMP 要求，药剂的无菌处理应该在产品生产过程中有计划地完成。液体制剂的澄明度、除菌、除热原是通过过滤过程实现的。一般采用由粗到细、由深层向精密、微滤逐级过渡的方法，确定过滤精度范围，合理选择过滤器及其介质。

5.2.1 金属棒微孔过滤器

JBL 型金属棒微孔过滤器 系采用钛、316L、304 金属粉末烧结棒滤芯的一种深层过滤器，过滤精度范围为 2～100μm，可以滤除杂质和一部分细菌，具有耐腐蚀，寿命长，耐高温，强度高，无微粒脱落，不吸附主药成分等优点，可用于液体、气体的粗滤、预滤等。

JBL 型过滤器作为药液脱碳过滤效果最佳。其规格尺寸见表 32-15，设备结构如图 32-29 所示。

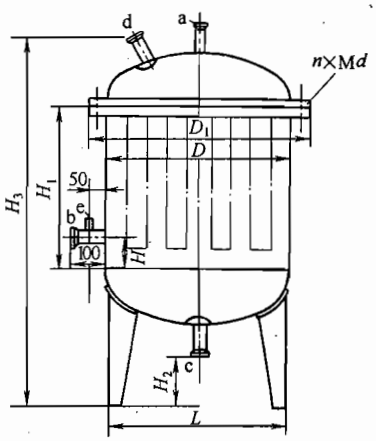


图 32-29 金属棒微孔过滤器

a—出料口；b—进料口；c—排污口；d—排气口；e—压力表接口

注：主要技术要求为：内外表面镜面抛光，内表面 $R_a \leqslant 0.5\mu m$；筒体焊接后，经水压 0.4MPa（G）试压；未注接管的外伸长度均为 50mm

5.2.2 微孔膜筒过滤器

WTL、WML 型微孔膜筒过滤器主要用于介质精滤和除菌、除热原，具有柔性好、孔隙均匀、阻力小、耐热、耐酸碱、耐溶剂、过滤液吸附少等优点，其过滤精度范围为 0.2～2μm。滤材可分为亲水性和疏水性，应根据工艺需要进行选择。亲水性滤材适用于水溶液过滤，主要材料有聚砜、尼龙、硝酸/乙酸乙醛纤维素混酯等；疏水性滤材适用于有机溶液和气体过滤，主要材料有聚四氟乙烯、聚碳酸酯、涂聚四氟乙烯的超细硼硅酸纤维，聚偏二氟乙烯等；聚砜、聚丙烯适用于各种介质。

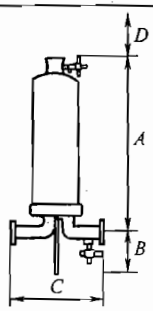
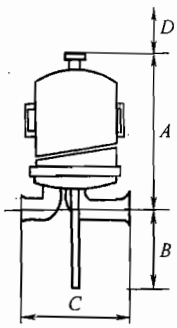
WTL、WML 型微孔膜筒过滤器的主要技术参数见表 32-16。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-15　金属棒微孔过滤器主要技术参数

型　号	规　格	钛棒数量	D	D_1	H	H_1	H_2	H_3	L	$n\times Md$
JBL-05	0.1～0.3t/h	5	ϕ230	ϕ285	50	300	100	650	250	4×M12
JBL-08	0.3～0.6t/h	8	ϕ250	ϕ310	50	300	100	675	280	4×M12
JBL-12	0.6～1t/h	12	ϕ300	ϕ360	50	300	100	750	360	6×M12
JBL-14	1.2～1.5t/h	14	ϕ300	ϕ360	50	300	100	750	360	6×M12
JBL-16	1.5～2t/h	16	ϕ350	ϕ410	50	300	100	780	420	8×M12
JBL-24	2.5～3t/h	24	ϕ400	ϕ460	50	300	100	810	470	8×M12

表 32-16　微孔膜筒过滤器主要技术参数

名　称	型号	滤芯			接口			外形尺寸				质量/kg	容量/L
		芯数	长度		进、出口（卫生型卡箍）	排气口（卫生型）	排水口（卫生型）	A	B	C	D		
			/mm	/in									
 单芯过滤器	WTL-011	1	250	10	1″	1/4″	1/4″	430	144	230	300	5	2.5
	WTL-012	1	500	20	1″	1/4″	1/4″	670	144	230	550	6	4.5
	WTL-013	1	750	10	1″	1/4″	1/4″	912	144	230	800	7	6.5
 多芯过滤器	WTL-031	3	250	10	2″	1/4″	1/4″	490	198	280	320	18	10.7
	WTL-032	3	500	20	2″	1/4″	1/4″	745	198	280	570	22	18.5
	WTL-033	3	750	30	2″	1/4″	1/4″	995	198	280	820	26	26.3
	WTL-034	3	1000	40	2″	1/4″	1/4″	1250	198	280	1065	30	34.1
	WTL-051	5	250	10	2″	1/4″	1/4″	490	198	280	320	18	10.7
	WTL-052	5	500	20	2″	1/4″	1/4″	745	198	280	570	23	18.5
	WTL-053	5	750	30	2″	1/4″	1/4″	995	198	280	820	27	26.3
	WTL-054	5	1000	40	2″	1/4″	1/4″	1250	198	280	1065	31	34.1
	WTL-122	12	500	20	3″	1/4″	1/4″	930	150	450	570	40	60.0
	WTL-123	12	750	30	3″	1/4″	1/4″	1180	150	450	820	48	84.0
	WTL-124	12	1000	40	3″	1/4″	1/4″	1425	150	450	1065	55	108.0

注：1in=2.54cm。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-17 常用洁净型离心泵主要技术参数

型号	流量 /(m^3/h)	扬程 /m	转速 /(r/min)	功率 /kW	汽蚀余量 /m	灌注高度 /m	质量 /kg	外形 (长×宽×高)/mm
BAW-32-08	1.8～3	4～16	2825	0.75	2	0.7	29	440×272×285
BAW-32-15	3.6～5	16～24	2825	1.5	2	0.7	41	520×285×300
BAW-32-22	7.2～10	24～32	2825	2.2	2	0.7	47	520×300×310
BAW-40-15	7.2～10	16～20	2825	1.5	2	0.7	44	530×295×315
BAW-40-22	7.2～10	25～30	2825	2.2	2	0.7	51	530×310×380
BAW-40-37	7.2～10	25～32	2825	3	2	0.7	70	585×335×380

5.3 输送系统

输送系统由输送泵、阀门、管道及其连接件等组成，输送介质包括所配制的药液，配制所需的纯化水和注射用水，以及系统灭菌所用的纯蒸汽等。输送系统的材料必须符合 GMP 的要求，对于注射剂产品必须采用 316L 不锈钢，管道、管件内壁应抛光，管道系统采用自动氩弧焊和卫生型卡箍连接，保证连接件内径对齐，尽量避免存在间隙，以减少产品受污染的机会。

输送泵一般采用洁净型离心泵，与物料接触部分均为 316L 或 304 型不锈钢，叶轮、蜗壳经特殊加工，内外表面光洁，采用快装式连接，便于清洗、消毒。

常用的洁净型离心泵技术参数见表 32-17。

6 口服固体制剂生产设备

6.1 粉碎过筛设备

6.1.1 FG-300 高效粉碎机

(1) 用途

FG-300 高效粉碎机适用于医药、化工、食品、农药等行业干燥脆性物料的粉碎，用途极为广泛。

(2) 工作原理

粉碎机的粉碎功能是在各级粉碎腔中完成的，物料装入料斗后，在插板的控制下进入工作室，物料在活动粉碎盘高速旋转的离心力作用下，逐级进入由活动粉碎盘与固定粉碎盘组成的一至四级粉碎腔，物料在粉碎刀冲击、剪切、摩擦以及物料相互间冲击等综合作用下被粉碎。粉碎后的物料通过筛网排出。粉体的细度可通过更换不同孔径（目数）的筛网来达到。

(3) 特点

① 本机结构简单、坚固、运转平稳，粉碎效果良好。

② 操作简单，只需更换不同目数的筛网，就可达到所需的细度要求。

③ 与物料接触的零部件均采用优质不锈钢经抛光精制而成，特别是粉碎腔体为不锈钢整件铸造内外壁镜面抛光，机架采用镜面抛光的不锈钢板制作，符合 GMP 要求。

(4) 主要技术参数（见表 32-18）

表 32-18 FG-300 高效粉碎机主要技术参数

生产能力/(kg/h)	100～200
粉碎细度/目	80～120
进料粒度/mm	<φ12
活动齿盘直径/mm	<φ300
主轴转速/(r/min)	3800
电机功率/kW	5.5
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1100×600×1480

6.1.2 ZS 系列振荡筛

(1) 用途

ZS 型系列分层筛是粗细颗粒比例不等连续过筛出料的理想设备，适用于流水作业。

(2) 特点

本机由料斗、振荡室、联轴器、电机组成。振荡室内有偏心轮、橡胶软件、主轴、轴承等。可调节的偏心重锤经电机驱动传送到主轴中心线，在不平衡状态下，产生离心力，使物料强制改变，在筛内形成轨道旋涡，重锤调节器的振幅大小可根据不同物料和筛网进行调节。整机结构紧密、体积小、不扬尘、噪声低、产量高、能耗低、移动、维修方便。

(3) 主要技术参数（见表 32-19）

表 32-19 ZS 系列振荡筛主要技术参数

参数	ZS-350	ZS-515	ZS-650
生产能力/(kg/h)	60～500	60～1300	180～2000
过筛目数/Me	12～200	12～200	12～200

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

参 数	ZS-350	ZS-515	ZS-650
电机功率/kW	0.55	0.75	1.50
主轴转速/(r/min)	1380	1370	1370
外形尺寸(长×宽×高)/mm	540×540×1060	710×710×1290	880×880×1350
净重/kg	100	180	250

6.1.3 FZ系列粉碎整粒机

(1) 用途

FZ系列粉碎整粒机是符合GMP规范的物料粉碎整粒加工设备，适用于制药、食品、精细化工加工工业。如在制药工业，用于原料粉碎，湿料制粒，干料整粒，以及不合要求的药片，需回收利用的可按颗粒度的大小要求进行整粒等。在食品加工中，用于饼干粉碎回收；在其他物料加工中，用于粗状原料的粉碎和整粒，块状原料的粉碎和整粒，结块原料的分解等。

(2) 工作原理

待加工的原料进入粉碎整粒机的进料口后，落入锥形工作室，由旋转回转刀对原料起旋流作用，并以离心力将颗粒甩向筛网面，同时由于回转刀的高速旋转与筛网面产生剪切作用，颗粒在回转刀与筛网间被粉碎成小颗粒并经筛网孔排出。粉碎的颗粒大小由筛网的目数、回转刀与筛网之间的间距以及回转转速的快慢来调节。

(3) 特点

彻底解决了摆式颗粒机筛网磨损碎屑污染物料的难题；独有轴密封专利，保证润滑油不泄漏；控制粒度容易；无滞留死角；无物料过热弊病；粉尘少，无振动、噪声低；高效节能，生产能力大；造型美观，便于清洗。

(4) 主要技术参数（见表32-20）

6.2 制粒设备

6.2.1 湿法制粒机

(1) 用途

LHS系列湿法混合制粒机，是制药工业普遍使用的固体制剂生产工艺流程的设备之一。它具有混合、制粒等多种功能，主要用于黏性较大的粉状物料及干粉状物料的产品，广泛应用于药品、食品、化工等行业。

(2) 工作原理

物料通过加料机及真空上料系统加入搅拌容器中。物料经搅拌作用多维切变呈流动状态充分混合，然后经喷枪系统注入黏合剂，在搅拌和切刀的作用下制成均匀湿颗粒。颗粒通过出料口出料并转入下一工序。

(3) 特点

LHS系列湿法混合制粒机是在广泛研究、吸收、消化国外先进机型的基础上，结合我国国情精心设计、开发成功的新型混合制粒机。该机采用优质奥氏体不锈钢制造，所有转角圆弧过渡、无死角、无残留，无任何凹凸面，无外露螺钉。内外表面经高度抛光，内表面粗糙度达到$R_a \leqslant 0.2\mu m$，外表面亚光处理，粗糙度$R_a \leqslant 0.4\mu m$。该机采用PLC控制，全部操作可根据用户要求设定工艺参数自动完成，并能自动打印所有工艺参数，原始记录真实可靠。完全符合药品生产的GMP要求。

(4) 主要技术参数（见表32-21）

6.2.2 GK-70型干式制粒机

(1) 用途

该机是利用物料中的结晶水，直接将粉料制成颗粒的新设备。其结构新颖合理、性能稳定可靠、清洗维修方便。主要用于制药、食品、化工和其他行业造粒，特别适用于对湿法无法解决的物料进行造粒。

(2) 主要技术参数（见表32-22）

表32-20 FZ系列粉碎整粒机主要技术参数

项目 \ 型号	FZ-150	FZ-300	FZ-450	FZ-700	FZ-1000
	FZB-150(A)	FZB-300(A)	FZB-450(A)	FZB-700(A)	FZB-1000(A)
粉碎整粒机能力/(kg/h)	15～150	30～300	45～450	70～700	100～1000
粒度/目	6～80				
传动座温升/℃	<30				
调速范围/(r/min)	FZ系列单速2800 FZB系列变频调速300～3600				
电机功率/kW	1.5	1.5	2.2	3	5.5
外形尺寸(长×宽×高)/mm	810×445×1345	810×445×1345	920×445×1430	1000×500×1530	1100×560×1785
出料口至地面高度/mm	650	650	690	690	565

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-21 LHS 湿法制粒机主要技术参数

参数 \ 型号	LHS-50	LHS-100	LHS-200	LHS-300	LHS-400	LHS-500
高度/mm	1750	1800	1900	1980	2210	2500
长度/mm	2000	2150	2350	2480	2780	2980
宽度/mm	800	900	970	970	1050	1050
料斗容积/L	50	100	200	300	400	500
搅拌功率/kW	5.5	7.5	11.0	15.0	18.0	22.0
整机质量/kg	1000	1200	1800	2000	2500	3000

表 32-22 GK-70 型干式制粒机主要技术参数

参 数	数 值	参 数	数 值
生产能力/(kg/h)	20～60	质量/kg	1800
颗粒细度/mm	0.3～1.5	外形尺寸(长×宽×高)/mm	1400×1250×2250
电机总功率/kW	7.15	工作压力/kN	198

6.3 干燥设备

6.3.1 CT-C 系列热风循环烘箱

CT-C 系列热风循环烘箱配用低噪声耐高温轴流风机和自动控温系统，整个循环系统全封闭。

(1) 特点

大部分热风在箱内循环，热效率高，节约能源；利用强制通风作用，箱内设有可调式分风板，物料干燥均匀；热源可采用蒸汽、热水、电、远红外，选择广泛；整机噪声小，运转平稳；温度自控，安装维修方便；适用范围广，可干燥各种物料，属通用干燥设备。

(2) 用途

热风循环烘箱适用于制药、化工、食品、农副产品、水产品、轻工、重工等行业物料及产品的加热固化、干燥脱水。如原料药、中药、中药饮片、浸膏、粉剂、颗粒、冲剂、水丸、包装瓶、颜料、染料、脱水蔬菜、瓜果干、香肠、塑料树脂、电器原件、烘漆等。

(3) 主要技术参数（见表 32-23）

6.3.2 JCT-C 系列药品专用烘箱

(1) 工作原理

表 32-23 CT-C 系列热风循环烘箱主要技术参数

行业标准型号	型号规格	每次干燥量/kg	配用功率/kW	耗用蒸汽/kg/h	散热面积/m^2	风量/(m^3/h)	上下温差/℃	配用烘盘	外形尺寸(宽×深度×高)/mm	配套烘车	设备质量/kg
RXH-14-B	CT-Ⅰ	100	1.1	20	20	1400	±2	48	2430×1200×2375	2	1200
RXH-27-B	CT-Ⅱ	200	1.1	40	40	5200	±2	96	2430×2200×2433	4	1500
RXH-41-B	CT-Ⅲ	300	2.2	60	80	9800	±2	144	3430×2200×2620	6	2000
RXH-54-B	CT-Ⅳ	400	2.2	80	100	9800	±2	192	4380×2200×2620	8	2300
RXH-5-C	CT-C-O	25	0.45	5	5	3450	0	8	1200×1000×1750	0	800
RXH-7-C	CT-C-ⅠA	50	0.45	10	10	3450	±2	24	1400×1200×2000	1	1000
RXH-14-C	CT-C-Ⅰ	100	0.45	18	20	3450	±2	48	2300×1200×2000	2	1500
RXH-27-C	CT-C-Ⅱ	200	0.9	36	40	6900	±2	96	2300×2200×2000	4	1800
RXH-27A-C	CT-C-ⅡA	200	0.9	36	40	6900	±2	96	4460×1200×2290	4	1800
RXH-41-C	CT-C-Ⅲ	300	1.35	54	80	10350	±2	144	3300×2200×2000	6	2200
RXH-42A-C	CT-C-ⅢA	300	1.5	54	80	10350	±2	144	2300×3220×2000	6	2200
RXH-54-C	CT-C-Ⅳ	400	1.8	72	100	13800	±2	192	4460×2200×2290	8	2800

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

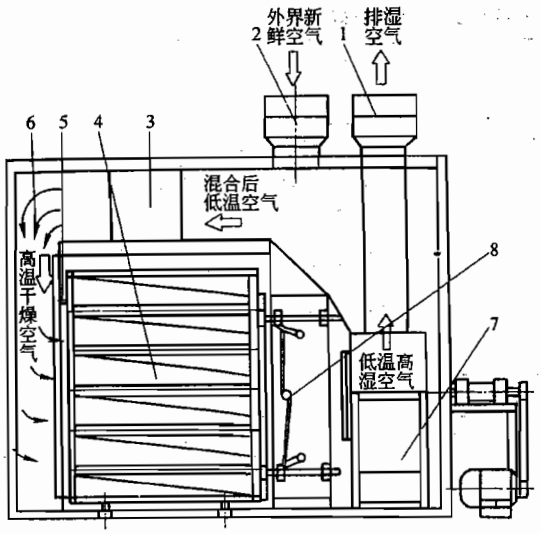


图 32-30　JCT-C 系列药品专用烘箱

1—排湿过滤器；2—新风过滤器；3—加热器；4—烘车；5—亚高（高）效过滤器；6—导流片；7—离心风机；8—吸风压紧机构

穿流式箱式干燥器的工作原理如图 32-30 所示。

由风机将一部分新鲜空气经初、中效过滤，经蒸汽热交换器，使空气升温至一定温度，通过亚高效或高效过滤器使热空气净化后，再由左侧分流板分至各层，使热风均匀通过每层被干燥的物料。湿空气从烘盘底下的倾斜风道抽出后，经离心风机使一部分湿空气排出烘箱，另一部分空气继续循环加热，达到干燥目的。

(2) 特点

① 热风每一循环均通过亚高效或高效过滤器过滤，能有效避免空气中夹带物料在循环再加热过程造成对药品的污染。

② 穿流式烘箱比平流式烘箱干燥能力大。

③ 穿流式烘箱干燥面积大、效率高，能力比平流式烘箱大 3～6 倍。

④ 适合各种颗粒状、块状物品的干燥。

⑤ 操作容易，清洗更换便捷，故障率较低。

⑥ 空气进出口都有空气过滤器，不会污染被干燥的物料，影响其品质。

(3) 主要技术参数（见表 32-24）

6.3.3　FL 型沸腾制粒干燥机

(1) 用途

本机主要用于医药、食品、化工、农副产品加工等行业的粉末物料混合、制粒干燥、颗粒“顶喷”包衣等作业中，如片剂用的颗粒，速溶饮料、调味品采用的颗粒。

系统风机将新鲜空气从过滤器、加热器入口吸入，经净化、加热后的空气从制粒器下部筛网穿过，高速气流维持粉末物料悬浮，形成稳定的流化床。作为黏结剂的溶液经输液泵压送到喷枪后，雾状喷射到干燥室中的粉末上，使粉末凝聚成多孔状颗粒，粒子形成后，按预定周期在干燥器中干燥，湿空气经设备顶部防静电袋滤器捕集粉尘后排至室外。

沸腾制粒方法是喷雾技术和流化技术综合运用的成果，使传统的混合、制粒、干燥过程在同一密闭容器中一次完成，故又称为“一步制粒器”。

(2) 特点

① 粉末制粒后，改善了流动性，减少了粉尘的飞扬。同时获得了溶解性能良好的产品。

② 由于混合、制粒、干燥过程一次完成，可提高热效率。

③ 采用外螺旋换热器，蒸汽耗量较同类产品低。

④ 产品的粒度能进行自由的调节。

⑤ 采用特殊导电纤维的过滤器，有效地去除静电，防止了粉末和溶剂引起的静电火花放电而引起的爆炸。

⑥ 采用超级喷射式除尘机构，便于清洗和消除污染。

⑦ 采用气缸顶升装置，方便进出料。

⑧ 设备无死角，卸料快速、安全，清洗方便。

⑨ 去除输液泵及喷枪后可用作沸腾干燥器。

(3) 主要技术参数（见表 32-25）

表 32-24　JCT-C 药品专用烘箱主要技术参数

型号规格	每次干燥量/kg	配用功率/kW	耗用蒸汽(/kg/批)	加热面积/m^2	风量/(m^3/h)	上下温差/℃	烘盘尺寸/mm	烘盘数	外形尺寸/mm	质量/kg
JCT-C-Ⅰ	100	4	40～80	50	4000～7300	±2	550×610×80	10	2350×1400×2280	2200
JCT-C-Ⅱ	200	7.5	80～120	80	7200～15800	±2	550×610×80	20	3100×1600×2700	4000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-25 FL型沸腾制粒干燥机主要技术参数

项目		单位	型号									
			3	5	15	30	60	120	200	300	500	1000
原料容器	容量	L	12	22	45	100	220	420	670	1000	1500	3000
	直径	mm	300	400	550	700	1000	1200	1400	1600	1800	2200
生产能力	最小	kg	1.5	4	10	15	30	80	100	150	250	800
	最大	kg	4.5	6	20	45	90	160	300	450	750	1200
风机	风量	m^3/h	1000	1200	1400	1800	3000	4500	6000	7000	8000	13670
	风压	mmH_2O	375	375	480	480	950	950	950	950	950	1400
	功率	kW	3	4	5.5	7.5	11	18.5	30	37	45	90
蒸汽消耗量		kg/h	15	23	42	70	141	211	282	366	451	750
压缩空气耗量		m^3(标)/min	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.5	3.0	4.0
主机质量		kg	500	700	900	1000	1100	1300	1500	1800	2500	3500
蒸汽压力		MPa	0.1～0.4									
温度		℃	室温～120℃范围内可调节									
作业时间		min	随物料特性而定 45～90									
物料收得率		%	≥99									
噪声		dB(A)	风机与主机隔离安装，噪声≤75dB(A)									
主机外形尺寸 ($L\times W\times H$)		m	1.0×0.6×2.1	1.2×0.7×2.3	1.25×0.9×2.5	1.6×1.1×2.5	1.85×1.4×3	2.2×1.65×3.3	2.34×1.7×3.8	2.8×2.0×4.5	3×2.25×5.0	4×2.8×7.2

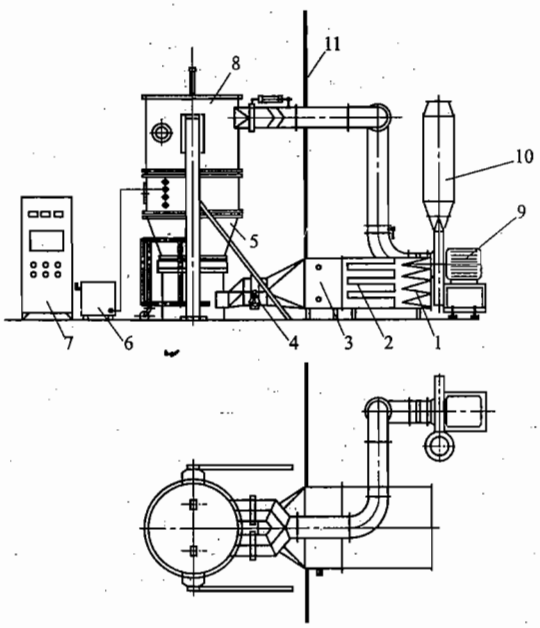


图 32-31 FL型沸腾制粒干燥机设备布置

1—初中效过滤器；2—亚高效过滤器；3—蒸汽加热器；4—调风阀；5—流化床；6—输液小车；7—控制柜；8—布袋捕集器；9—引风机；10—消音器；11—隔墙

(4) 设备布置示意图（见图 32-31）

6.3.4 LPG系列高速离心喷雾干燥机

(1) 工作原理

经初、中、亚高效三级过滤的洁净空气通过加热器转化为热空气，进入安装在干燥室顶部的热风分配器后，均匀的进入干燥室，并呈螺旋状转动，同时通过无级调速的螺杆泵将料液送至装置在干燥室顶部的离心雾化器，使料液雾化成极小的雾化液滴，料液和热空气并流接触，水分迅速蒸发，在极短的时间内干燥为成品，成品经干燥塔底部和旋风分离器排出，废气由风机抽出排空。

(2) 特点

① 干燥速度快，料液经雾化后，表面积大大增加，在热风气流中瞬间就可蒸发 65%～98%的水分，完成干燥时间仅需 5～15s，特别适用于热敏性物料的干燥。

② 所得产品粒度均匀，流动性、速溶性良好，产品纯度高，质量好。

③ 操作简单稳定，调节控制方便，容易实现自动化作业。

④ 生产过程简化，操作环境卫生条件优越，能避免干燥过程中的粉尘飞扬。

(3) 主要技术参数（见表 32-26）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-26 LPG 系列高速离心喷雾干燥机主要技术参数

项目	型号					
	5	25	50	100	150	200～2000
入口温度/℃	140～300					
出口温度/℃	70～90					
水分最大蒸发量/(kg/h)	5	25	50	100	150	200～2000
离心喷雾头传动形式	压缩空气驱动	机械传动				
转速/(r/min)	25000	18000	18000	18000	15500	8000～15500
喷雾盘直径/mm	50	120	120	120	150	180～240
热源	电	电	蒸汽+电、燃油、煤气	蒸汽+电	蒸汽+电、燃油、煤气	由用户自行解决
电加热最大功率/kW	9	48	72	81	99	—
外形尺寸(长×宽×高)/m	1.8×0.93×2.2	3×2.7×4.26	3.7×3.2×5.1	4.6×4.2×6	5.5×4.5×7	—
干粉回收/%	≥95	≥95	≥95	≥95	≥95	≥95

6.3.5 XF 系列沸腾干燥器

(1) 用途

沸腾干燥器适用于散粒状物料的干燥。如：药品的原料药、压片颗粒、中药冲剂，化工原料中的塑料树脂、柠檬酸和其他粉状、颗粒状物料的干燥除湿，食品、粮食加工、饮料冲剂、玉米胚芽、饲料等的干燥。物料的粒径一般为 0.1～6mm，最佳粒径为 0.5～3mm。其干燥速度快，温度低，能保证产品质量。

(2) 工作原理

散粒状固体物料由加料器加入流化床干燥器中。过滤后的洁净空气加热后由鼓风机送入流化床底部经分布板与固体物料接触，形成流态化达到气固相的热质交换。物料干燥后由排料口排出，废气由沸腾床顶部经旋风除尘器和布袋除尘器回收固体粉料后排空。

(3) 特点

沸腾干燥器（又称流化床）是由空气过滤器、加热器、沸腾床主机、加料器、旋风分离器、布袋除尘器、高压离心风机、操作台等组成。由于干燥物料的性质不同，可按需要考虑配套相应的除尘设备，如同时选择旋风分离器、布袋除尘器，也可选择其中一种。一般来说密度较大的如冲剂及颗粒物料干燥只需选择旋风分离器，相对密度较小的小颗粒状和粉状物料需配套布袋除尘器，并备有气力送料装置供选择。

(4) 主要技术参数（见表 32-27）

6.3.6 BZJ-1000FⅡ型包衣造粒机

(1) 用途

包衣造粒机具有起母、造粒、包衣三种基本功能；用于缓释性药剂制粒、肠溶性药剂制粒、丸粒等的制造；还可用于食品、农药、洗涤剂及其他化学制品。

(2) 特点

本机具有造粒速度快、球粒真球度高、大小均匀、合格率高、黏接团块量小、药剂利用率高、防爆等特点；本机由离心式主机、供粉机、电控柜、鼓风机组、空气加热器、除尘器、油压泵等设备组成。

(3) 主要技术参数（见表 32-28）

表 32-27 XF 系列沸腾干燥器主要技术参数

型号	床层面积/m^2	干燥能力(水)/(kg/h)	风机功率/kW	风压/Pa	风量/(m^3/h)	进风温度/℃	物料温度/℃	最大消耗/J	占地面积/m^2
XF20	0.5	20～25	11	5.5×10^3	3110	60～140	40～60	2.6×10^8	25
XF30	1.0	30～45	18.5	7.0×10^3	4370	60～140	40～60	5.2×10^8	35
XF50	2.0	55～90	30	7.4×10^3	7540	60～140	40～60	1.04×10^9	45
XF-150	6.0	150～300	67	6.1×10^3	22280	60～140	40～80	3.8×10^9	100

注：干燥能力与物料特性和固含量及热风进出口温度有关。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-28 BZJ-1000FⅡ型包衣造粒机主要技术参数

技术参数	数值	技术参数	数值
转子直径/mm	1000	喷浆机调速范围/(r/min)	0～250
最少母粒输入量/kg	5	最大鼓风量/(m^3/min)	4
最大球粒输出量(空白粒)/kg	50	最大喷气量/(L/min)	240
造粒直径/mm	0.25～22	鼓风加热温度/℃	80
最大放大倍数 K	2	主机功率/kW	4.0
主机调速范围/(r/min)	0～120	主机质量/kg	1300
供粉机调速范围/(r/min)	0～100		

表 32-29 HBZ-1000型缓控释微粒制造与包衣设备主要技术参数

技术参数	数值	技术参数	数值
转子直径/mm	1030	供粉量调速范围/(r/min)	0～95
最少母粒输入量/kg	9	喷浆机调速范围/(r/min)	0～200
最大球粒输出量(空白粒)/kg	72	最大鼓风量/(m^3/min)	6
造粒直径/mm	0.2～20	鼓风加热温度/℃	20～80
最大放大倍数 K	2	主机功率/kW	4
主机调速频率范围/Hz	0～50	主机质量/kg	2000

表 32-30 PGL-B系列喷雾干燥制粒机主要技术参数

项目		型号/单位	PGL-3B	PGL-5B	PGL-10B	PGL-20B	PGL-30B	PGL-80B	PGL-120B
流浸膏	最小	kg/h	2	4	5	10	20	40	55
	最大	kg/h	4	6	15	30	40	80	120
沸腾能力	最小	kg/批	2	6	10	30	60	100	150
	最大	kg/批	6	15	30	80	160	250	450
液体密度		kg/L	≤1.30						
原料容器量		L	26	50	220	420	620	980	1600
容量直径		mm	400	550	770	1000	1200	1400	1600
引风机功率		kW	4.0	5.5	7.5	15	22	30	45
辅风机功率		kW	0.35	0.75	0.75	1.20	2.20	2.20	4
蒸汽	耗量	kg/h	40	70	99	210	300	366	465
	压力	MPa	0.1～0.4						
电加热功率		kW	9	15	21	25.5	51.5	60	75
压缩空气	耗量	m^3(标)/min	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1	1.3	1.8
	压力	MPa	0.1～0.4						
作业温度		℃	室温～130℃自动调节						
产品水分		%	≤0.5%(视具体物料而定)						
物料收得率		%	≥99%						
设备噪声		dB	≤75						
主机尺寸	ϕ	mm	400	550	770	1000	1200	1400	1600
	H_1	mm	940	1050	1070	1180	1620	1620	1690
	H_2	mm	2100	2400	2680	3150	3630	4120	4740
	H_3	mm	2450	2750	3020	3700	4100	4770	5150
	B	mm	740	890	1110	1420	1600	1820	2100
质量		kg	500	800	1200	±500	2000	2500	3000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.3.7　HBZ-1000 型缓控释微粒制造和包衣设备

(1) 用途

本机具有起母、造粒、包衣三种基本功能，由全封闭离心式主机、供粉机、蠕动泵、控制柜、鼓风机组、排风机组等设备组成。可用于缓释性药剂制粒、肠溶性药剂制粒、快速包衣等，也可用于食品、农药、种子及其他化学制品。

(2) 特点

包衣效率高、造粒快、球粒真球度高、大小均匀、黏接团块量小、药剂利用率高并具有防爆性能等；采用全封闭结构，符合 GMP 规范；具有手动和自动造粒双重功能。手动功能用来摸索药剂的浆粉比和供料比等与造粒密切相关的参数，利用离心造粒再现性好的特点，在手动功能的基础上，由 PLC 采集数据，作为自动造粒的参数依据，然后按照离心造粒机的半自动造粒理论提出造粒规律和数学方程，实现自动控制造粒过程。

(3) 主要技术参数（见表 32-29）

6.3.8　PGL-B 系列喷雾干燥制粒机

(1) 用途

制造工业：片剂、冲剂、胶囊剂颗粒；低糖、无糖的中成药颗粒。

食品：可可、咖啡、奶粉、颗粒果汁、调味品等。

其他行业：农药、饲料、化肥、颜料、染料等。

(2) 特点

集喷雾干燥/流化制粒于一体，实现液态物料一步法制粒。

采用喷雾工艺，特别适用微辅料，热敏性物料，功效比 FL 沸腾制粒机高 1～2 倍。

一些产品终水分可达 0.1%，配备返粉装置，成粒率≥85%，可制 0.2～2mm 颗粒。

改进设计的内混式多流体雾化器，可处理一些密度达 1.3g/cm³ 的浸膏。

(3) 主要技术参数（见表 32-30）

(4) 设备布置示意图（见图 32-32）

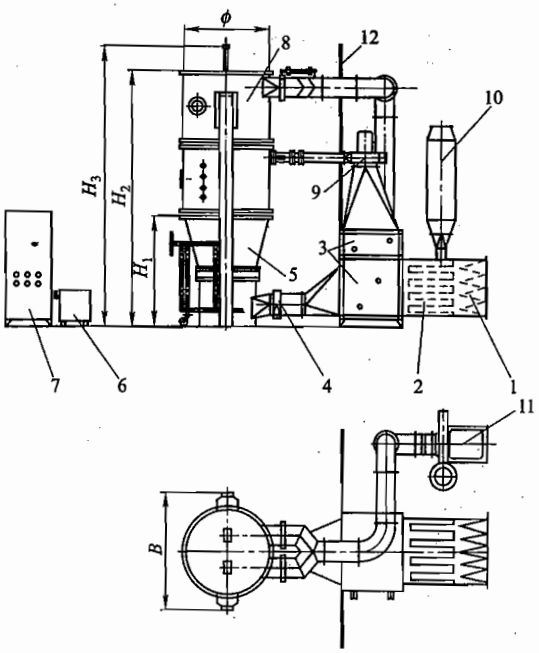


图 32-32　PGL-B 系列喷雾干燥制粒机设备布置示意图

1—初中效过滤器；2—亚高效过滤器；3—蒸汽加热器；4—调风阀；5—流化床；6—输液小车；7—控制柜；8—布袋捕集器；9—鼓风机；10—消音器；11—引风机；12—隔墙

6.3.9　GFG 系列高效沸腾干燥机

(1) 用途

机制螺杆挤压颗粒、摇摆颗粒、湿法高速混合制粒颗粒。

医药、食品、饲料、化工等领域湿颗粒和粉状物料干燥。

大颗粒、小块状、黏性块粒状物料。

魔芋等干燥时体积变化的物料。

(2) 工作原理

空气经加热净化后，由引风机从下部导入，穿过料斗的孔网板。在工作室内，经搅拌和负压作用形成流态化，水分快速蒸发后随着排气带走，物料快速干燥。

(3) 特点

流化床为圆形结构避免死角。

料斗设置搅拌，避免潮湿物料团聚及干燥时形成沟流。

采用翻倾卸粒，方便迅速彻底，也可按要求设计自动进出料系统。

表 32-31　GFG 系列高效沸腾干燥机主要技术参数

项　目		单位	型　号							
投料		kg	60	100	120	150	200	300	500	1000
风机	风量	m^3/h	2361	3488	4000	4901	6032	7800	10800	15000
	风压	mmH_2O	594	533	533	679	787	950	950	1200
	功率	kW	7.5	11	15	18.5	22	30	45	75
搅拌功率		kW	0.55	0.55	0.55	0.55	0.75	1.5	1.5	2.2
搅拌转速		r/min	11							
蒸汽耗量		kg/h	141	170	170	240	282	366	451	800
操作时间		min	15～30(视具体物料而定)							
主机高度		mm	2700 0	2900	2900	2900	3300	3800	4200	5800

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

密闭负压操作、气流经过过滤，操作简便、清洗方便，是符合GMP要求的理想设备。

干燥速度快、温度均匀。

(4) 主要技术参数（见表32-31）

(5) 设备布置示意图（见图32-33）

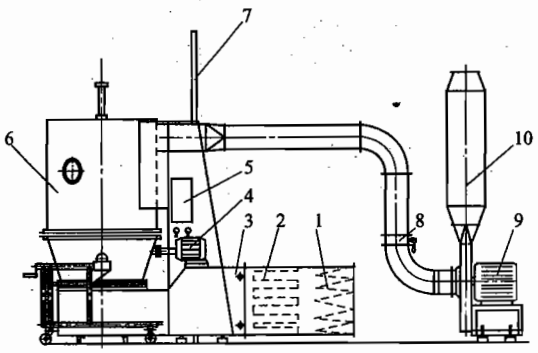


图32-33 GFG系列高效沸腾干燥机设备布置示意图

1—过滤器；2—亚高效过滤器；3—加热器；4—电机；5—控制柜；6—布袋捕集器；7—隔墙；8—调风阀；9—风机；10—消音器

6.4 整粒机和总混设备

6.4.1 整粒机

(1) 用途

ZL系列整粒机（ZLS系列湿法整粒机）主要应用于制药工业中将制粒后结团的颗粒，根据工艺要求整理成合格的均匀颗粒，同时在药品、化工、食品等行业中广泛使用。

(2) 工作原理

将制粒后结团的颗粒加入整粒机的料斗，开启阀门，使颗粒进入整粒机内；整粒腔内有回转整粒刀，使物料被撞击、挤压、剪切，通过筛网孔排出腔体，经导流筒向容器中流动，使物流更加畅通，有效地控制了粉尘及交叉污染。

(3) 特点

整机与物料接触部分无死角、无任何凹凸面、无外露螺钉，易于清洗。与药物接触的表面均经高度抛光，粗糙度 $R_a \leqslant 0.2\mu m$。外表面亚光处理，粗糙度 $R_a \leqslant 0.4\mu m$。本机配有带脚轮的门式高支架，可方便地与提升转料机及混合料斗配套使用，使生产工艺流程更加流畅，有效地减少粉尘与交叉污染。本机全部零部件可拆卸，清洗方便。符合药品生产的GMP要求。

(4) 主要技术参数（见表32-32）

6.4.2 JSH-B型多向运动混合机

(1) 用途

多向运动混合机广泛应用于制药、食品、化工、塑料、陶电等工业的物料混合。

(2) 特点

具有混合均匀度高，流动性好，容载率高等特点，对有湿度、柔软性和相对密度不同的颗粒、粉状物的混合均能达到最佳效果。

本机按三维运动的规律，具有特殊的运动功能，即产生了独特的运动方向——转动、摇旋、平移、交叉、颠倒、翻滚多向混合运动。在混合作业时，因混合桶同时进行了自转和公转，使多角混合桶产生强烈的摇旋滚动作用，并受混合桶自身多角功能的牵动，增大物料倾斜角，加大滚动范围，消除了离心力的弊病，彻底保证物料自我流动和扩散作用，又使物料避免了密度偏析、分层、聚积及死角，使其达到物料混合要求。

(3) 主要技术参数（见表32-33）

表32-32 ZL整粒机主要技术参数 /mm

参数 \ 型号	ZL-150(ZLS-150)	ZL-300(ZLS-300)	ZL-450(ZLS-450)	ZL-700(ZLS-700)
出料口高度	1380	1475	1650	1700
总高	2150	2240	2420	2470
长度	1550	1550	1550	1550
宽度	600	600	600	600
功率/kW	0.75	1.5	2.2	4
生产能力/(kg/h)	15～150	30～300	45～450	70～700

表32-33 JSH-B型多向运动混合机主要技术参数

序号	混合桶容积/L	最大装载/kg	电机功率/kW	最佳混合转速/(r/min)	质量/kg	外形尺寸(长×宽×高)/mm
60B	60	36	0.75	16～22	350	1000×1000×1000
100B	100	60	1.5	16～22	600	1150×1600×1300
200B	200	120	2.2	12～18	1000	1400×1700×1500
300B	300	180	3	12～16	1200	1600×2000×1600

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	混合桶容积 /L	最大装载 /kg	电机功率 /kW	最佳混合转速 /(r/min)	质量 /kg	外形尺寸 (长×宽×高)/mm
400B	400	240	4	12～16	1300	1650×2050×1650
500B	500	300	4	12～16	1400	1800×2100×1700
600B	600	360	5.5	10～16	1500	1850×2150×1800
800B	800	480	7.5	10～14	1800	2100×2550×2000
1000B	1000	600	7.5	10～14	2200	2200×2600×2100
1500B	1200	900	11	8～12	1600	2450×3000×2500

6.4.3　HZD 系列自动提升料斗混合机

(1) 用途

自动提升料斗混合机可以夹持大小不同容积的几种料斗，自动完成夹持、提升、混合、下降、松夹等全部动作。药厂只需配置一台自动提升料斗混合机及多个不同规格的料斗，就能满足不同批量、多品种的混合要求。该机是药厂目前总混的理想设备。同时，在化工、轻工、食品等行业也有广泛用途。

(2) 工作原理

HZD 系列自动提升混合机由机架、回转体、驱动系统、夹持系统、提升系统、制动系统及电脑控制系统组成。

将方形料斗移放在回转体内，该机能自动将回转体提升至一定高度并自动将料斗夹紧；压力传感器得到夹紧信号后，驱动系统工作，按设定参数进行混合；达到设定时间后，回转体能自动停止于出料状态，同时制动系统工作，混合结束；然后提升系统工作，将回转体下降至地面并松开夹紧系统；移开料斗完成混合周期，并且自动打印该批混合的完整数据。

HZD 系列自动提升料斗混合机的最大结构特点是：回转体（料斗）的回转轴线与其几何对称轴线成一夹角，料斗中的物料除随回转体翻动外，也同时做沿斗壁的切向运动；物料产生强烈的翻转和较高的切向运动，达到最佳的混合效果。

(3) 特点

① HZD 自动提升料斗混合机的结构合理，性能稳定可靠，全自动控制，操作方便。

② 能夹持不同规格的料斗，适应药厂多批量、多品种固体制剂的生产要求。

③ 能自动完成混合的全部程序，自动提升并夹紧料斗，革除了混合机专用的提升铲车。

④ 采用电脑全自动控制，并设置了隔离联锁装置，操作人员离开工作区后才自动启动工作，实现了安全生产。

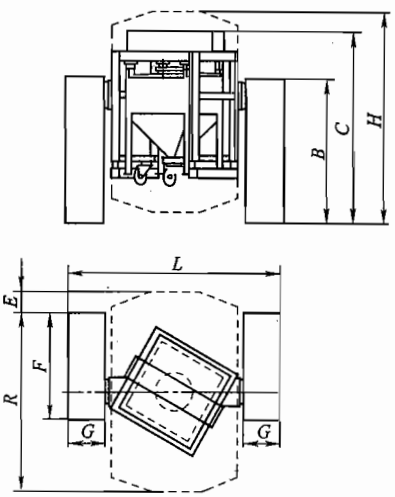


图 32-34　设备外形图

表 32-34　HZD 系列自动提升料斗混合机主要技术参数　/mm

参数 \ 型号	HZD-400	HZD-600	HZD-800	HZD-1000	HZD-1200	HZD-1500	HZD-1800	HZD-2000
B	1820	1900	2050	2070	2180	2180	2220	2350
C	2410	2540	2710	2760	2940	3050	3180	3420
H	2810	2980	3210	3350	3500	3560	3620	3860
L	2470	2940	2940	3310	3310	3500	3500	3500
E	460	210	350	470	510	480	500	620
R	1950	2330	2470	2590	2630	2780	2800	2900
F	1100	1440	1440	1440	1440	1550	1550	1550
G	420	520	520	520	520	600	600	600
料斗容积/L	400	600	800	1000	1200	1500	1800	2000
功率/kW	4	5.5	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	7.5
整机质量/kg	1800	2500	2800	3000	3200	3700	4000	4200

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-35 料斗清洗机主要技术参数 /mm

参数 \ 型号	MD-600	MD-800	MD-1000	MD-1200	MD-1500	MD-1800	MD-2000
A	1400	1600	1700	1800	1900	2000	2300
B	2700	2900	3000	3100	3200	3300	3600
C	1800	1800	2000	2000	2000	2000	2000

⑤ 使用自动提升料斗混合机，配以提升翻转机、料斗提升加料机，使从制粒干燥（整粒）开始，经总混、暂存、提升加料至压片机（充填机）的整个工艺过程，药物都在同一料斗中，而不需要频繁转料、转移，从而有效地防止了交叉污染和药物粉尘飞扬，彻底解决了物料“分层”问题，优化了生产工艺。

(4) 主要技术参数（见表 32-34）

(5) 设备外形图（见图 32-34）

6.4.4 料斗清洗机

(1) 用途

MD 系列料斗清洗机主要用于制药工业固体制剂生产工艺流程中，对混合料斗、周转料斗等容器的清洗。广泛用于药品、化工、食品等行业。

(2) 工作原理

MD 系列料斗清洗机，主要由清洗系统、泵站系统、空气处理系统、控制系统等组成。工作时，开启清洗机的入口门，将使用过的混合料斗、周转料斗等容器推入清洗站内，到位后，关闭清洗机的入口门，做好清洗准备。按工艺要求设定清洗程序（热水、洗涤液、纯化水、热风）、清洗时间和干燥时间。确认后即可开机清洗，整机按设定的程序和要求开始工作。容器的外表面由清洗站内四周的喷头进行加压喷淋清洗；内表面则由可伸缩的旋转喷头进行加压喷淋清洗；底部喷头对下料口蝶阀加压喷淋清洗。清洗完成后，设备自动进入设定的烘干程序，直到完成整套程序后，整机停止，打开清洗机的出口门，将清洗好的容器推出，送入中间站存放，以备下一生产程序使用。

(3) 特点

该机采用优质奥氏体不锈钢制造，内外表面均经高度抛光，所有转角圆弧过渡、无死角、无残留，外型美观。该机采用 PLC 自动控制，按用户需求设定参数进行清洗。料斗清洗机对混合料斗、周转料斗进行清洗，优化了生产工艺流程，提高了生产效率。该机是在广泛研究、吸收、消化国外先进机型的基础上，精心设计、开发成功的新机型。该机设计合理、结构紧凑、性能稳定可靠、操作方便。完全符合药品生产的 GMP 要求。

(4) 主要技术参数（见表 32-35）

(5) 设备外形图（见图 32-35）

6.4.5 YZH 系列圆锥形混合机

(1) 用途

YZH 系列圆锥形混合机是改良设计的新型混合机。广泛适用于制药、化工、食品、染料、粉末冶金等行业粉、粒状（包括晶状）物料的混合。

(2) 工作原理

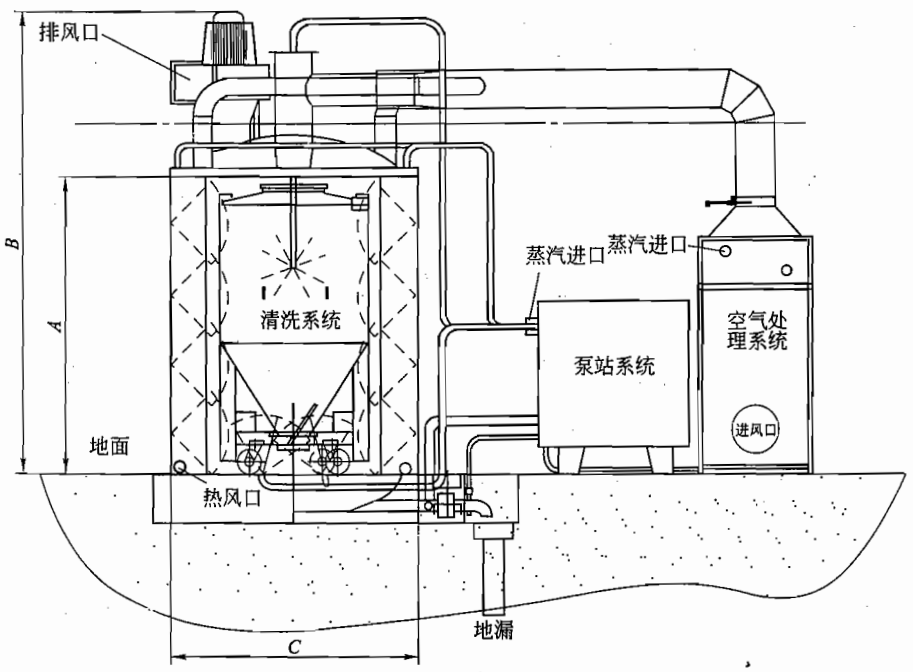


图 32-35 设备外形图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

该混合机机身为圆锥形，一端为圆弧形结构，此结构上配置了独特的规则多向导流结构，可使物料充分地形成“S”形轻柔运动，使物料充分搅拌达到最佳混合效果，并大大缩短了物料混合时间，提高了混合效率。本混合机操作简单，进出料方便，同时内部圆弧形的设计也减少了物料在混合过程中受到的污染，提高了产品质量，符合GMP的要求。

(3) 特点

料桶容积在100L内时可以实现多个规格料桶的互换，可实现一机多筒的可能，满足工艺试验不同规格的多用性。根据物料不同的密度，装料量可以达到设备容积的25%～85%。混合效率优于其他形式的混合机，可实现在低速运转达到最好的混合效果，而且设备运行稳定。混合机料筒的设计容积范围在5～1000L。可以实现转速显示、混合时间显示、变频控制。

(4) 主要技术参数（见表32-36）

6.5 BGB系列高效包衣机

(1) 用途

高效包衣机主要用于制药及食品工业，是片剂、丸剂、糖果等进行有机薄膜包衣，水溶薄膜包衣，缓、控释性包衣，滴丸包衣，糖衣包衣及巧克力、糖果包衣等高效、节能、安全和洁净的包衣设备。

(2) 工作原理

素片在洁净、密闭的旋转滚筒内在流线型导流板作用下不停地作复杂的轨迹运动，在运动过程中，按工艺流程和合理的工艺参数，自动喷淋包衣介质，同时在负压状态下供给热风，热风通过素片层从素片层底部排出，使喷淋在素片表面的包衣介质得到快速、均匀的干燥，形成坚固光滑的表面薄膜。

(3) 特点

① 扩展PLC模块，热风温度设置、控制及滚筒转速调整等所有操作均在电脑控制面板触摸键上完成，操作面板是全密封式的轻触薄膜界面，清洗主机对其无任何影响，工作可靠，性能稳定。

② 素片在流线型导流板式搅拌器作用下，翻转流畅，交换频繁，消除素片从高处落下和碰撞现象，解决碎片和磕边，提高成品率。导流板上表面窄小，消除辅料在其表面的黏附，节约辅料，提高药品质量。

③ 恒压变量蠕动泵可取消回流管。滚轮的回转半径随压力变化而随时变动，输出浆料与喷浆量自动平衡，稳定雾化效果，简化喷雾系统，防止喷枪堵塞，节约辅料，且清洗简单，无死角。

④ 专为包衣机设计、制造的喷枪，雾化均匀、喷雾面大，方向可调，喷头不受装量多少影响；喷枪堵塞清洗机构，可使包衣连续进行，缩短包衣时间，节省包衣辅料。

(4) 主要技术参数（见表32-37）

表32-36 YZH系列圆锥形混合机主要技术参数

序号	项目＼型号	YZH-10 (5/10/15)	YZH-30 (20/30/50)	YZH-100 (60/80/100)	YZH-200	YZH-300	YZH-500	YZH-1000
1	筒体有效容积/L	5/10/15	20/30/50	60/80/100	200	300	500	1000
2	装料系数/%	25～80						
3	混合时间/min	5～15						
4	筒体转速/(r/min)	变频调速，调速范围0～10r/min						
5	电机功率/kW	0.75	1.1	1.5	2.2	2.2	3	5.5
6	外形尺寸(长×宽×高)/mm	800×400×1180	800×450×1250	1000×500×1450	1600×800×1750	1800×800×1850	2000×1000×2050	2400×1200×2450
7	出料口至地面高度/mm	650	650	650	650	650	650	650
8	质量/kg	180	360	620	1050	1200	1650	2200

表32-37 BGB系列高效包衣机性能参数表

1. 主要性能参数

项目＼型号	BGB-350C	BGB-150C	BGB-75C	BGB-10C
生产能力/(kg/批)	350	150	75	10
包衣滚筒调速范围/(r/min)	2～11	2～15	4～19	6～30
主机电动机功率/kW	4	2.2	1.1	0.55
热风调温范围/℃	常温～80℃			
热空气过滤精度/μm	0.5			
热风机电动机功率/kW	2.2	1.1	1.1	0.55

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

1. 主要性能参数

项目 \ 型号	BGB-350C	BGB-150C	BGB-75C	BGB-10C
排风机电动机功率/kW	7.5	5.5	3	1.5
蠕动泵电动机功率/kW	0.18	0.18	0.18	0.18
噪声/dB	≤75			
主机外形尺寸/mm	2000×1560×2330	1570×1260×1950	1350×1010×1630	1100×750×1540
主机质量/kg	1600	900	550	380
热风机外形尺寸/mm	1610×1090×2370	1100×1150×2300	1100×900×2140	620×620×1600
热风机质量/kg	700	500	400	250
排风机外形尺寸/mm	1050×1000×2100	800×920×2080	720×780×1950	650×600×1830
排风机质量/kg	550	450	310	250

2. 外接条件

项目 \ 型号		BGB-350C	BGB-150C	BGB-75C	BGB-10C
电源:三相五线		380V、70A	380V、45A	380V、40A	380V、30A
洁净压缩空气	压力/MPa	>0.4	>0.4	>0.4	>0.4
	耗气量/[m^3(标)/min]	≤2	≤1.5	≤	≤0.6
蒸汽	压力/MPa	>0.4	>0.4	>0.4	>0.4
	耗汽量/(kg/h)	≤200	≤150	≤80	≤60
	管径	1.5″	1″		
供水压力/MPa		>0.15			

6.6 压片机和胶囊充填机

6.6.1 普通压片机

(1) ZPS系列压片机

① 用途 本机是一种小型智能型的旋转式压片机，适用于制药工业药品研发中心、实验室等片剂的小批量生产。

② 特点如下。

a. 单压式，单面出片，使用IPT冲模，可将颗粒状原料压制成圆形片和各种规格的异形片。

b. 有预压和主压两次压片功能，可提高压片质量。

c. 工作转台上的冲模下冲杆带有防尘装置，可有效地防止粉尘进入下轨道，避免吊冲，有利于下轨道使用寿命的延长。

d. 采用变频无级调速装置，操作方便，安全可靠。

e. 采用PLC编程器和触摸屏，可方便直观地显示和设定各类参数。

f. 数字显示工作转盘转速、压片压力、充填深度、预压片厚、主压片厚和产量。

g. 主传动结构合理，传动稳定性好，使用寿命长。

h. 配有电机过载保护装置，当压力过载时，能自动停机。有压力超压保护、紧停装置、强排风散热装置。

i. 外围罩壳为全封闭形式，材料选用不锈钢，内部台面用不锈钢材料，凡与药物接触的零件均采用不锈钢材料或经表面处理。

j. 转台表面经过特殊处理，能保持表面光洁与防止交叉污染，符合GMP要求。

k. 压片室四面为透明有机玻璃，且能全部打开，易于内部清理和保养。

l. 可选配强迫加料器。

③ 主要技术参数见表32-38。

表32-38 ZPS系列压片机主要技术参数

型号	ZPS	
冲模数/副	10	20
冲模形式:IPT	1′	3/4″
最大压片压力/kN	60	
最大预压力/kN	10	
最大压片直径/mm	22	13
最大充填深度/mm	17	
最大片剂厚度/mm	6	
转盘转速/(r/min)	5～30	
最大生产能力/(片/h)	18000	36000
电机功率/kW	2.2	
外形尺寸/mm	750×660×1620	
主机质量/kg	500	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) ZPW31E 压片机

① 特点：双压式，双面出片，可将颗粒状原料压制成环形片，也可压制较大片径的圆形片和异形片。

a. 有预压和主压两次压片功能，可提高压片质量。

b. 手轮调节机构带数字显示，调节准确灵活。压片的充填深度和片厚调整过程简化。

c. 采用变频无级调速装置，操作方便，安全可靠。

d. 配有过载保护装置，当压力过载时，能自动停机。

e. 外围罩壳为全封闭形式，材料选用不锈钢，内部台面用不锈钢材料，凡与药物接触的零件均采用不锈钢材料或经表面处理，无毒耐腐蚀。

f. 转台表面经过特殊处理，能保持表面光洁与防止交叉污染，符合 GMP 要求。

g. 压片室四面为透明有机玻璃，且能全部打开，易于内部清理和保养。室内配有安全照明，能清楚观察压片状态。

② 主要技术参数见表 32-39。

表 32-39 ZPW31E 压片机主要技术参数

型号	ZPW31E
冲模数/副	31
最大压片压力/kN	80
最大预压力/kN	10
最大压片直径/mm	22(异形 25)
最大充填深度/mm	15
最大片剂厚度/mm	6
转盘转速/(r/min)	5～12 / 10～24
最大生产能力/(片/h)	44640 / 89280
电机功率/kW	4
外形尺寸/mm	1100×1150×1680
主机质量/kg	1850

(3) ZP35E 压片机

① 特点：双压式，单面出片。使用 ZP 冲模，可将颗粒状原料压制成圆形片和各种规格的异形片。

a. 具有保障片重精度稳定的装置。

b. 手轮调节机构带数字显示，调节准确灵活。压片的充填深度和片厚调整过程简化。

c. 采用变频无级调速装置，操作方便，安全可靠。

d. 配有过载保护装置，当压力过载时，能自动停机。

e. 外围罩壳为全封闭形式，材料选用不锈钢，内部台面用不锈钢材料，凡与药物接触的零件均采用不锈钢材料或经表面处理，无毒耐腐蚀。

f. 转台表面经过特殊处理，能保持表面光洁与防止交叉污染，符合 GMP 要求。

g. 压片室四面为透明有机玻璃，且能全部打开，易于内部清理和保养。室内配有安全照明，能清楚观察压片状态。

② 主要技术参数见表 32-40。

表 32-40 ZP35E 压片机主要技术参数

型号	ZP35E
冲模数/副	35
最大压片压力/kN	80
最大压片直径/mm	13(异形 16)
最大充填深度/mm	15
最大片剂厚度/mm	6
转盘转速/(r/min)	14～36
最大生产能力/(片/h)	150000
电机功率/kW	4
外形尺寸/mm	1030×1150×1680
主机质量/kg	1850

(4) ZP45 压片机

① 特点：双压式，双面出片，使用 ZP 冲模，可将颗粒状料压制成圆形片和各种规格的异形片。

a. 有预压和主压两次压片功能。

b. 采用易装易拆的强迫加料器。

c. 采用 PLC 编程器和触摸屏，可方便直观地显示和设定各类参数。

d. 配有过载保护装置，当压力过载时，能自动停机。

e. 配有冲模装卸保护装置，可保证操作安全。

f. 外围罩壳为全封闭形式，材料选用不锈钢，内部台面用不锈钢材料，凡与药物接触的零件均采用不锈钢材料或经表面处理，无毒，耐腐蚀。

g. 转台表面经过特殊处理，能保持表面光洁与防止交叉污染，符合 GMP 要求。

h. 压片室四面为透明有机玻璃，且能全部打开，易于内部清理和保养。室内配有安全照明，能清楚观察压片状态。

② 主要技术参数见表 32-41。

表 32-41 ZP45 压片机主要技术参数

型号	ZP45
冲模数/副	45
最大压片压力/kN	80
最大预压力/kN	20
最大压片直径/mm	13
最大充填深度/mm	15
最大片剂厚度/mm	6
转盘转速/(r/min)	16～38
最大生产能力/(片/h)	205200
电机功率/kW	4
外形尺寸/mm	1100×1200×1910
主机质量/kg	2000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-42 GZPL 系列高速压片机主要技术参数

项目	GZPL680 系列			GZPL620 系列			GZPL370 系列			GZPL265 系列		
	PG49	PG61	PG79	PG45	PG55	PG65	PG26	PG32	PG40	PG16	PG20	PG28
冲模数/副	49	61	79	45	55	65	26	32	40	16	20	28
最大圆形片直径/mm	25	16	11	25	16	13	25	16	13	25	16	13
最大异形片直径/mm	25	18.5	13	25	18.5	16	25	18.5	16	25	18.5	16
最大产量/(片/h)	470000	585000	1060000	405000	495000	585000	171000	211000	264000	106000	132000	184000
最大填充深度/mm	18			18			18			18		
最大主压力/kN	100			100			80			80		
最大预压力/kN	100			16			14			14		
主电源功率/kW	15			11			7.5			5.5		
外形尺寸/mm	1500×1500×2100			1510×1380×2000			1130×1010×1920			935×1360×1785		
质量/kg	5000			3300			1780			1260		

6.6.2 GZPL 系列高速压片机

(1) 特点

GZPL 系列高速压片机可压制各种圆形片、异形片、环形片、卡通片及双层片。

a. 符合 GMP 要求。

b. 高品质的不锈钢结构。

c. 特殊的防油、防尘系统。

d. 整体采用严密的密封和防尘设计。

e. 采用高清晰、隔离视窗设计。

f. 易拆装的结构，便于操作与维护。

g. 压片室 360°无死角结构，便于观察、清洁。

(2) 主要技术参数（见表 32-42）

6.6.3 NJP 系列全自动胶囊充填机

(1) 用途

NJP 系列全自动胶囊充填机是一种间歇式运转多孔塞计量全自动封闭充填设备，能自动完成对拔囊、分囊、充填、废囊剔除、锁囊、成品导出、颗粒灌装等多种工序，具有定位可靠、装量准确、成品率高等优点。适用于自动充填粉状、微丸状胶囊剂药品。

(2) 特点

该机型具有普通型和人机界面改进型两种型式。改进型是在普通型号的基础上增加了触摸屏控制、PLC 可编程控制器、智能模块和光纤探测等，具有操作方便直观等特点，重要元器件采用进口，自动化程度高，并实现以下功能。

① 可设置手动试运行操作界面和正常运转监控操作界面。

② 缺料、空胶囊、料道阻塞和机械故障的自动检测、诊断和自动报警停车的功能。

③ 实时粒计产量和累计产量的统计。

(3) 主要技术参数（见表 32-43）

表 32-43 NJP 系列全自动胶囊充填机主要技术参数

项目	NJP-220	NJP-400	NJP-800	NJP-1200	NJP-2200	NJP-3200
最大产量/(粒/min)	220	400	800	1200	2200	3200
可充填胶囊型号	00#～4#	00#～5#	00#～5#	00#～5#	00#～5#	00#～5#
胶囊上机率/%	≥99	≥99	≥99	≥99	≥99	≥99
孔数	2	4	6	9	19	23
电源	380V,50Hz	380V,50Hz	380V,50Hz	380V,50Hz	380V,50Hz	380V,50Hz
功率/kW	3	3	5	6.08	8	9.45
外形尺寸(长×宽×高)/mm	600×800×2100	600×800×2100	950×800×2100	970×1100×2100	1100×1300×2100	1280×1700×2300
质量/kg	700	700	800	900	1000	1500

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.6.4　药用金属检测机

(1) 用途

药用型金属检测机适用于制药行业。用来在线检测药品片剂或胶囊、粉剂中的金属污染物。全自动检测并剔除被金属（例如来自压片机冲模或筛网的碎片）污染的物料，无需中断产品生产过程。

(2) 特点

① 符合 GMP 要求。

② 能准确检测出含铁、青铜、合金、不锈钢等金属的药片或胶囊、粉剂。

③ 剔废时间（剔除位置的停留时间）可调（0.1～10s），减少合格品损失。

④ 检测头高度和检测通道倾角可调，易于与各种生产线结合，操作简单快捷，易于移动和清洗。

⑤ 可快速清洁与产品接触部分，无需工具。操作维护简便。

⑥ 能与各种压片机、胶囊充填机或筛片机配套使用，也可单独使用。

⑦ 气动剔废装置使剔除挡板快速反应将物料损失降到最小。

(3) 主要技术参数（见表 32-44）

表 32-44　药用金属检测机主要技术参数

检测能力/(pcs/min)		7000
检测灵敏度：	铁	≥φ0.3mm
	不锈钢	≥φ0.5mm
	非铁合金	≥φ0.4mm
检测通道($L\times H$)/mm		80×30
压缩空气压力/MPa		0.6～0.8
质量/kg		70
外形尺寸($L\times W\times H$)/mm		600×650×1180

6.7　包装机

6.7.1　DPP170 平板式铝塑、铝铝泡罩包装机

(1) 用途

铝塑、铝铝泡罩包装机是将无毒聚氯乙烯(PVC)硬片经过加热、正压吹塑或复合成型铝冷压成型，制成所需形状的泡罩。

(2) 特点

该系列机采用同步齿形带传动，保证了各工位动作的同步性、先进的电磁离合制动组件，保证了停机时不溜车、不窜动，主电机的转速由进口变频器控制，无级连续可调。

本机为平板式铝塑包装机，由配套下料装置将包装物填充于泡罩内并覆盖上铝箔，经热压、封合、打批号、刻撕裂线，冲切成所需形状的板块。该系列机型采用模块式结构，各功能相对独立，可根据用户需要加装或预留，如预成型、检测等。

(3) 主要技术参数（见表 32-45）

6.7.2　DH120 智能型高速药品包装生产线

(1) 用途

用于素片、胶囊等医药及化工、轻工、食品行业固态物料的铝塑包装。

(2) 主要功能

PVC 泡罩成型、物料自动填充、填充检测、PTP 热封、废料回收、冲裁成型；药版说明书自动装盒；废品自动剔除。

(3) 特点

① 整线采用全伺服驱动，利用高端 PLC 实现多轴高精度同步运行。

② 采用先进的人机界面和报警系统，确保系统正常运行和操作简单化。

表 32-45　平板式铝塑、铝铝泡罩包装机主要技术参数

技术参数	DPP170	DPP170A	DPPS170	DPPS170A
包装范围	片、囊、丸、栓剂和各种异型片	片、囊、丸、栓剂和各种异型片	片、囊、丸、栓剂	片、囊、丸、栓剂和各种异型片
冲切速度/(次/min) [最大线速度/(m/min)]	30～40 [5]	30～40 [5]	30～40 [5]	30～40 [5]
最大成型深度/mm	26	26	10	10/26
最大板型尺寸/mm	154×106	154×106	154×106	154×106
包装材料	PVC 硬片、铝箔	PVC 硬片、铝箔	复合成型铝、铝箔	PVC 硬片复合成型铝、铝箔
消耗功率/kW	4.5	4.5	4.5	4.5
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2700×980×1450	2900×980×1450	2900×980×1450	2900×980×1450
耗水量/(m^3/h)	0.9	0.9	0.9	0.9
特殊功能		与装盒机联成自动生产线	防潮、隔气、闭光密封效果好	前述功能均具备
质量/kg	2000	2000	2000	2000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-46 DH120 智能型高速药品包装生产线主要技术参数

项 目	参 数
生产能力	≤110 冲/min80～120 盒/min(与物料和药版尺寸有关)
最大成型面积和深度	240mm×230mm×15mm
物料填充率	97%～99%(与物料性质有关)
装盒成品率	≥99%
废品剔除率	100%
工作噪声	≤80dB(A)
包装材料	药用 PVC 硬片:(0.20～0.40)×250mm 涂胶 PTP 铝箔:(0.05～0.17)×250mm 透析纸:(50～100g/m²)×250mm 卷径×宽度:φ350×250mm 纸盒尺寸范围:(长×宽×高)(70～150)mm×(50～110)mm×(15～40)mm 材质:250～350g/m² 说明书折前:(长×宽)(100～250)mm×(100～150)mm 说明书折后:(长×宽)(100～150)mm×(20～40)mm 材质:50～70g/m²
使用要求	洁净压缩空气:压力 0.8～1.0MPa 耗气量(空压机)≥1.0m³(标)/min 电能耗:380V 50Hz 16kW(与包装对象有关)
模具冷却水	最大 100L/h
主机外形尺寸	(长×宽×高)9000mm×1600mm×1950mm
质量	8500kg

③ 安全、可靠的在线成像检测系统，使产品质量得到安全保障。

④ 系统能自动根据产量配比，不同纸盒装量需求改变机器运行速度，达到系统平衡。

⑤ 更换产品规格只需更换少量配件和简单调节便能迅速完成。

⑥ 所有传动系统均采用同步带柔性连接，抗冲击，且不需加润滑油，卫生，维护简单。

⑦ 可实现洁净区与非洁净区分离，符合 GMP 要求。

⑧ 新颖、安全的整体防护，可视性好，确保安全生产。

(4) 主要技术参数（见表 32-46）

6.7.3 CM180 全自动装盒机

(1) 用途

适用于包装药品铝塑板块、小瓶、软管等。

(2) 工作原理

通过光电监控协调各部分动作的一致性，并具有以下联锁控制功能：没有说明书不吸纸盒；没有纸盒不推药板；传送链上没有药板机器暂时停止运行，当药板恢复供应后机器自动重新运行；连续没有纸盒自动停机；连续没有说明书自动停机。

(3) 特点

该机可以自动完成药品使用说明书的折叠、纸盒的成型（打开）、被包装物的填充、打印生产批号、纸盒封口等工作。

(4) 主要技术参数（见表 32-47）

表 32-47 CM180 全自动装盒机主要技术参数

指示速度		180～220 盒/min
电源		380V 50Hz
主电机		2.2kW
真空泵电机		1.25kW
传送带及其他		1kW
压缩空气	耗量	0.02m³(标)/min
	压力	0.6MPa
质量		2700kg

(5) 设备外形图（见图 32-36）

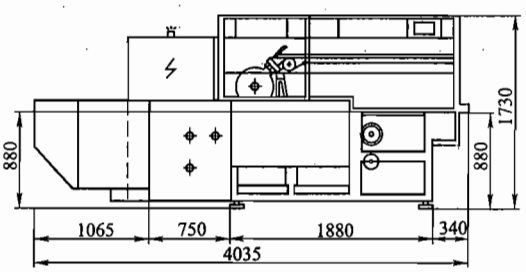
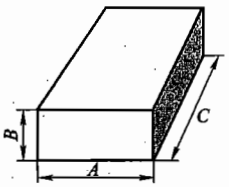


图 32-36 设备外形图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(6) 纸盒规格



/mm	MIN	MAX
A	20	120
B	12	70
C	55	220
A+B		190

6.7.4　平板式变频调速铝塑包装机

(1) 用途

本机主要功能为：对版加热，正压成型，双联加热、热封、批号、压痕、计数、冲裁等。所有功能连续自动完成。可按客户要求设计超深度泡罩包装（如大蜜丸）。本机具有工艺流畅，生产过程直观，适用于各种规格胶囊、片剂等药物的包装，符合 GMP 要求。

(2) 特点

本机是专为制药厂设计，机型美观，操作方便，功能齐全，版程可调，板块模具更换方便，经久耐用。

(3) 主要技术参数（见表 32-48）

表 32-48　主要技术参数

冲裁效率/(板/min)	40～48
生产能力/(万粒/h)	3.6～7.2
最大成型面积/mm	130×100
最大成型深度/mm	18
行程可调范围/mm	40～110
标准版块规格/mm	80×57
PVC 与 PTP 铝箔宽度及厚度/mm	PVC140×(0.25～0.5) PTP140×(0.02～0.03)
电源	220V 50Hz
主电机功率/kW	1.1
加热功率/kW	2.4
耗气量/[m^3(标)/min]	≥0.38
外形尺寸/mm	2020×650×1400
整机质量/kg	750

6.8　SLX 塑瓶包装生产联动线

工艺流程为：理瓶机→多通道电子数粒机→干燥剂塞入机→高速旋盖机→晶体管铝箔封口机→不干胶自动贴标机（见图 32-37）。

6.8.1　中速自动理瓶机

型号：PL2000Ⅴ-C；

瓶规格：20～300mL；

技术参数：① 产量：40～80 瓶/min(视瓶样而定)；

② 输入电源：AC220V、50Hz；

③ 功率：0.25kW；

④ 设备质量：240kg；

⑤ 整机尺寸：950mm×1540mm×1240mm。

特点：将杂乱的瓶子通过特殊机械装置（无需压缩空气）整理成瓶口一致朝上的状态送到下一道工序，当下道工序缺瓶时理瓶机自动工作，确保了设备工作的连续性。堵瓶自动停止工作。设备调换瓶子规格简单，易操作。并附有自动提升料仓减少了操作工频繁上料的劳动强度。

6.8.2　多通道电子数粒机（24 通道）

型号：PAY2000Ⅲ；

瓶规格：20～300mL；

技术参数：① 产量：8000 片（粒）/min；

② 输入电源：AC380V、50Hz；

③ 适用范围：片剂、硬胶囊、软胶囊；

④ 药剂质量：80～2000mg/片（粒）；

⑤ 功率：1.35kW（1.8kW）；

⑥ 整机尺寸：2000mm×1700mm×1900mm。

特点：设备采用 3 级振动送料，送料更加均匀流畅，感光装置采用国际上最先进的 CCD 感光技术，分辨率高，弥补了国内生产厂家采用一般光电的不足。CCD 感光技术能抵消堆积在光幕上的尘埃，能自动调节工作状态，保证计数的精确性。设备具有储气稳压装置，保证气动元器件工作的可靠性和稳定性，设备具有自诊断系统，能监测整个运行过程，进一步保证了计数的准确性。整个设备运行可靠，调换药品规格简单、方便，设备的控制系统可储存各种药品的工作参数，人机对话工作界面亲和友好，人性化。

6.8.3　干燥剂自动塞入机

型号：PH2000Ⅱ-C；

瓶规格：20～300mL；

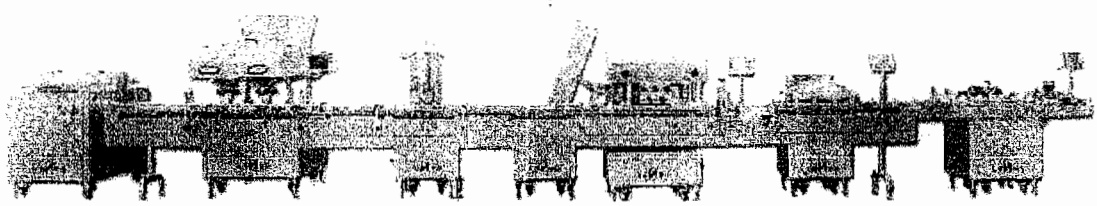


图 32-37　联动线示意图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

技术参数：① 产量：20～70瓶/min；
② 干燥剂宽度：15～25mm；
③ 输入电源：AC220V、50Hz；
④ 功率：0.85kW；
⑤ 设备质量：200kg；
⑥ 整机尺寸：1250mm×630mm×1560mm。

特点：糖衣片、包衣片及胶囊等产品易受潮，需在容器内放置干燥剂延长保质期。根据这一要求设计制造的“PH2000Ⅱ干燥剂自动塞入机”采用自动程序控制塞入干燥剂，取代了以往的手工操作。本机能准确快速地将带状的干燥剂进行自动切割、自动塞入容器。适用于各种材质的瓶、罐等容器。本机操作简便，具有双路光电定位，智能控制送料长度（不会剪破包），自动调整长度的累积误差，并具有来瓶时自动开启，缺瓶时自动停止的电控系统。

6.8.4 高速自动旋盖机

型号：PC2000Ⅲ-C；
瓶规格：20～300mL；
瓶体直径：23～80mm；
瓶盖直径：19～50mm；
技术参数：① 产量：60～140瓶/min；
② 输入电源：AC220V、50Hz；
③ 功率：1.8kW；
④ 设备质量：528kg；
⑤ 整机尺寸：2300mm×800mm×1750mm。

特点：旋盖系统采用三对摩擦轮进行搓式旋盖，其优点是不易损伤瓶盖表面、旋盖松紧随意调节，旋盖不到位或斜盖可自动检测并剔除，保证了旋盖质量。设备对各种规格瓶子适应性强，调换瓶子瓶盖规格简单方便，只需调整手轮及旋钮即可达到所需的理想效果，摒弃了更换零部件所带来的诸多不利因素，节约了工时工本，提高了工作效率。本机理盖系统采用气动理盖方式，噪声低，相比于电磁振荡理盖，避免了由于电磁振荡所产生的噪声污染，并降低了设备的电能耗。控制系统采用可编程控制器（PLC）控制，变频调速，缺瓶、堵瓶由光电控制设备的运行状态。设备附有自动理盖提升装置，其理盖料仓容量大，减少了加盖次数，减轻了劳动强度。

6.8.5 晶体管铝箔封口机

型号：PD2000Ⅱ-C；
瓶规格：20～300mL；
瓶子高度：<200mm；
瓶口直径：15～60mm；
技术参数：① 产量：50～120瓶/min；
② 输入电源：AC220V、50Hz；
③ 功率：2.0kW；
④ 设备质量：160kg；
⑤ 整机尺寸：1300mm×780mm×1750mm。

特点：设备采用中频电源，有效输出功率大，输出电流可调，并会自动跟踪电流负载的变化而调整，工位无瓶时自动处在待机状态，节约电能。适用瓶子的范围广。特制封口感应板全屏蔽，无电磁污染，安全性优于高频电源。冷却系统采用内置式水循环，节约水资源，减少水污染。并具有水循环增压系统，冷却条件好，黏结时间短，黏结牢度强，性能稳定，当瓶口沾有各种液体时也能有效封口。设备具有断水自动报警及过流、过压、欠压等保护功能，并具有连续计数、瓶盖无铝箔自动剔除装置。

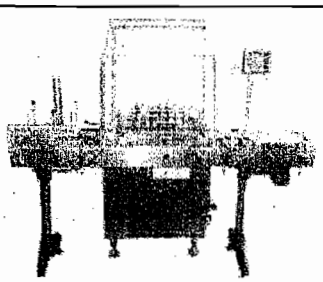
6.8.6 不干胶自动贴标机

型号：PF2000Ⅱ-C；
瓶规格：20～300mL；
瓶子直径：18～60mm；
标签长度：25～150mm；
标签宽度：10～60mm；
技术参数：① 产量：20～120瓶/min；
② 输入电源：AC220V、50Hz；
③ 功率：0.5kW；
④ 设备质量：195kg；
⑤ 整机尺寸：1700mm×850mm×1250mm。

特点：本机适用于各种圆柱形瓶的贴标，多道控制系统，特制高速贴标装置，能使瓶子上所贴的不干胶标签平整服帖。放标长度智能控制，贴标过程稳定可靠。设备附有热码打印机打印批号装置（三行）。设备采用人机界面控制（触摸屏），控制系统采用可编程序控制器（PLC）控制。结构简洁合理，具有多道控制系统，能防止标签的浪费。并具有打印色带断带、漏打码、漏贴标的自动检测、自动报警及连续计数等功能。

6.8.7 可选配置设备（见表32-49）

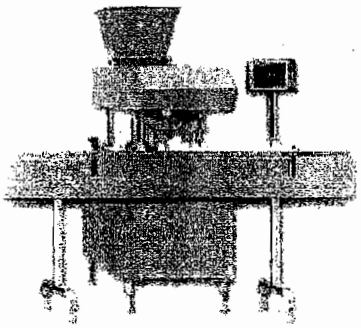
表32-49 配置设备表



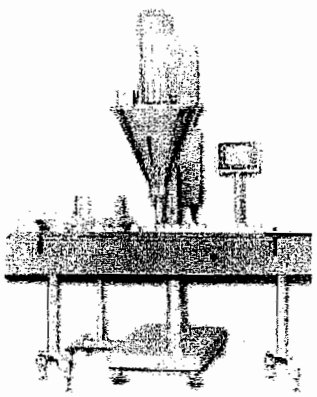
(1)自动空气洗瓶机
型号：PQ2000Ⅱ-C；
瓶规格：20～300mL；
技术参数：①产量：20～70瓶/min(视瓶样而定)；
②输入电源：AC220V、50Hz；
③功率：0.2kW；
④设备质量：180kg；
⑤整机尺寸：1200mm×530mm×1400mm；
特点：本机通过洁净空气对灌装前的瓶子进行清洗处理，当瓶子到达清洗工位时清洗头自动下降至瓶口，逐个用清洁的压缩空气吹入瓶内，利用瓶子中间一个负压吸嘴吸去杂质来进行清洗，以保证瓶内无杂质

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

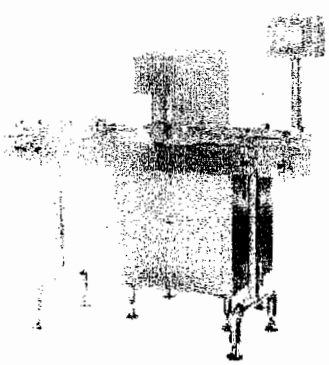
续表



(2)多通道电子数粒机(12道、16道)
型号:PAY2000Ⅰ(PAY2000Ⅱ);
瓶规格:20～300mL;
技术参数:①产量:4000(5000)粒/min;
②输入电源:AC380V、50Hz;
③适用范围:片剂、硬胶囊、软胶囊;
④药剂质量:80～2000mg/片(粒);
⑤功率:0.9kW;
⑥整机尺寸:1700mm×1700mm×1900mm;
特点:参见PAY2000Ⅲ



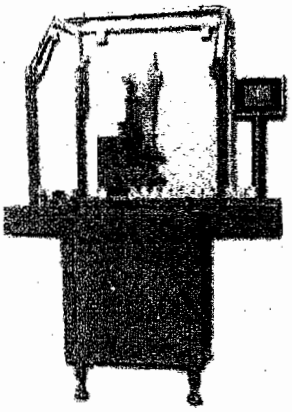
(3)自动粉粒灌装机
型号:PAF2000Ⅰ-C;
瓶规格:20～600mL;
技术参数:①产量:15～60瓶/min(视装量及瓶口而定);
②输入电源:AC220V、50Hz;
③功率:1.5kW;
④计量方式:称量反馈跟踪螺旋充填式;
⑤包装质量:≤500g(交换螺旋附件);
⑥称量范围:1～6000g(分辨率1g);
⑦包装精度:A. 10g<包装质量≤30g:±0.6g;
B. 30g<包装质量≤100g:±1g;
C. 100g<包装质量≤500g:±1%;
⑧设备质量:260kg;
⑨整机尺寸:800mm×680mm×1880mm;
特点:本机能自动完成计量、充填等工作,适用于包装易流动或者流动性极差的粒粉状物料,通过更换螺旋附件,能够适应超细粉到大颗粒等多种物料,如粉剂药物、奶粉、味精、固体饮料、白糖、葡萄糖、咖啡、饲料、粉粒状添加剂、染料等,设备采用不锈钢制造,结构合理,清洗容易



(4)自动检重秤(静态)
型号:DFJ-2000Ⅰ-C;
技术参数:①产量:50～120件/min;
②精度:±0.05g;
③包装质量:500g;
④包装物的要求:瓶子的误差要小于半粒药的质量;装量的误差要小于半粒药的质量;
⑤功率:0.2kW;
⑥输入电源:AC220V、50Hz;
⑦整机尺寸:1700mm×800mm×1220mm;
特点:自动检重秤(静态)是一种高精度的在线质量检测设备,采用称重检测法对包装产品进行检测,合格的产品自动通过输送带,不合格的予以剔除;分选范围及有关参数可以设定,用户只需简单地设置上、下限即可由检重秤自动完成操作;特点是成本低,判断精确,通用性强,特别适用于制药包装设备的在线检测,是用户提高产品包装质量,保证计量精度的必备产品

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表



(5)自动塞纸机

型号:PB2000Ⅱ-C;

瓶规格:20～300mL;

纸张宽度:60、80mm(卷筒纸筒内径 ϕ76mm);

技术参数:①产量:20～70 瓶/min;

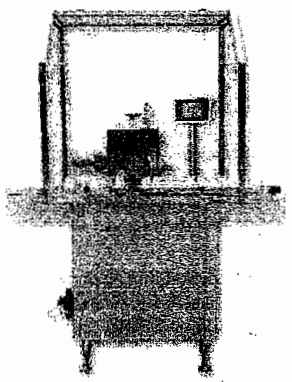
②输入电源:AC220V、50Hz;

③功率:1kW;

④设备质量:234kg;

⑤整机尺寸:1260mm×800mm×1750mm;

特点:本机采用新颖的高精度电子定位系统,定位精确,柔性启动,速度快,噪声小,产量高;应用电子脉冲设定纸张长度,自动剪切,倒塞进瓶,防止纸张边角露出瓶口,影响下道工序的旋盖及封口;控制系统采用可编程控制器(PLC)控制,变频调速,运行可靠,具有断纸报警、缺瓶、堵瓶、缺纸自动停止等功能



(6)药棉自动塞入机

型号:PM2000Ⅰ-C;

瓶规格:20～300mL;

技术参数:①产量:20～60 瓶/min;

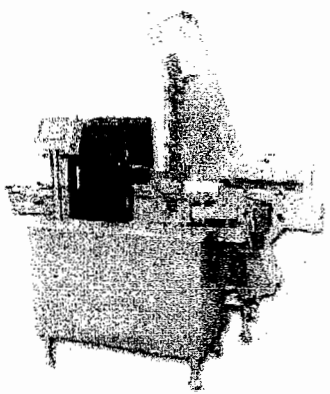
②输入电源:AC220V、50Hz;

③功率:1kW;

④设备质量:235kg;

⑤整机尺寸:1200mm×730mm×1750mm;

特点:本机能准确快速地将条状药棉进行自动切割、自动塞入容器,替代了以往的手工操作,本机采用可编程控制器(PLC)控制及新颖的高精度电子定位系统,主机变频调速,柔性启动,运行稳定可靠,具有缺瓶、堵瓶、缺药棉自动停止运行等多种保护功能



(7)自动压盖机

型号:PCY2000Ⅰ-C;

瓶规格:20～300mL;

技术参数:①产量:20～80 瓶/min;

② 输入电源:AC220V、50Hz;

③ 功率:0.8kW;

④ 设备质量:280kg;

⑤ 整机尺寸:1800mm×700mm×1750mm;

特点:该设备的控制系统采用可编程控制器(PLC)控制,可变频调速;设备通过理盖、上盖、送瓶、压盖机构自动完成理盖、上盖、压盖全过程,能适应各种规格、尺寸的瓶盖压盖;设备操作系统采用触摸屏人机界面对话控制,操作简单,维护方便

6.9 其他包装机

6.9.1 DXDK350 自动四封包装机

(1) 用途

本机适用于食品、医药、化工等行业中松散状、无黏性颗粒状物品的自动四边封包装。如茶叶、麦片、味精、植物种子、谷类等物料。

(2) 特点

采用智能型光电跟踪系统,商标图案定位准确,工作过程中根据色标位置偏差自动补偿,修正量无需设定;光标基准信号使用接近开关采集,使用寿命长;可调式计量机构,可在运转中调整计量;与物料

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

接触的零件和机架表面均采用不锈钢材料，易于清洗；制袋形式为四边封。

(3) 主要技术参数（见表32-50）

表32-50 DXDK350自动四封包装机主要技术参数

参数	数值
制袋尺寸/mm	长135～230 宽70～160
包装速度/(袋/min)	20～50
计量范围/mL	60～350
电源(220V,50Hz)/kW	0.5
整机质量/kg	600
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1600×1200×1900

6.9.2 DXDK40Ⅱ(精品)自动颗粒包装机

(1) 用途

该机可完成自动制袋、计量、充填、封合、分切、计数功能。可选配墨带打印装置，适用于医药、食品、化工等行业松散状、无黏性颗粒状，如冲剂、茶叶、植物种子、味精等物品的包装。

(2) 特点

① 采用智能型光电跟踪系统，性能稳定，调整方便，检测准确，最大误差时5袋内修整到位。

② 采用无级调整袋长机构，满足了55～110mm之间袋长的调整，不需更换配件。

③ 采用了可调式计量机构，机器在运转中可实现包装容量的调整。

④ 检测光电基准信号采用无触点开关，使用寿命长。

⑤ 包装用材料有：纸/聚乙烯、玻璃纸/聚乙烯、聚酯/镀铝/聚乙烯、聚酯/聚乙烯、BOPP薄膜、茶叶滤纸等可热封的复合包装材料。

(3) 主要技术参数（见表32-51）。

表32-51 DXDK40Ⅱ（精品）自动颗粒包装机主要技术参数

技术参数	数值	
制袋尺寸/mm	长55～110 宽30～80	
包装速度/(袋/min)	DXDK40Ⅱ	50～100
	DXDK40P	25～50
计量范围/mL	DXDK40Ⅱ	1.2～40
	DXDK40P	5～40
电源(220V,50Hz)/kW	1.5	
整机质量/kg	350	
外形尺寸(长×宽×高)/mm	600×790×1780	

6.9.3 多列自动包装机

(1) 用途

适用于医药、食品、化工等行业的粉剂、颗粒、液体物料的自动包装。

(2) 特点

本机可一次完成双列至四列自动包装。粉剂(F)、颗粒(K)、液体(L)三种机型分别配置可调式计量充填装置。采用智能型商标定位控制，无级袋长调整，变频器调速，PLC控制，人机界面参数设定智能温控仪表、下料执行机构，具有运行参数显示及自动制袋、计量、充填、封合、分切、打字、易撕切口、连袋分切等功能。

(3) 主要技术参数（见表32-52）。

表32-52 多列自动包装机主要技术参数

参数	数值
制袋尺寸/mm	55～150
最大膜宽/mm	双列 250 四列 490
包装速度/(袋/min)	单列40～60
电源(220V,50Hz)/kW	5.7
耗气量(0.7MPa)/[L(标)/min]	20 (只有颗粒机型用)
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1600×1200×1900

6.9.4 全自动枕式包装机

(1) 用途

DZP-250D(E)/400D(E)型多功能全自动高速枕式包装机主要适用于医药、食品等行业采用铝塑包装的板块和泡腾片、大输液、止痛膏的包装等。起到了防潮、防尘、避光的作用，同时提高了产品档次和附加值。使用该机比手工制袋包装节约成本20%以上，而且可与铝塑包装机、热收缩包装机等机械联动生产。

(2) 特点

① 结构紧凑合理，性能稳定先进，操作简便易懂；

② 双变频电机控制，无级变速，袋长即设即切，无需调节空走，一步到位，省时省膜；

③ 采用PLC控制，人机界面，参数设定方便快捷；

④ 故障诊断提示一目了然，使用更具人性化；

⑤ 高感度光电眼色标跟踪，使封切位置更加准确；

⑥ 温度设定准确，适用各种包装材料，提高了封口质量；

⑦ 设有定位停机功能，不粘刀，不费膜；

⑧ 传动系统简洁明了，工作更可靠，维护保养更方便；

⑨ 所有控制由软件实现，方便了功能调整和技术升级，能满足不同时期的生产需要；

⑩ 配药板自动加料器装置，能适合多种规格铝塑药板自动下料；

⑪ 可增配自动剔废装置，可剔除缺料、多料、切坏料的包装。

(3) 主要技术参数（见表32-53）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-53 全自动枕式包装机主要技术参数

项目 \ 型号	DZP-250D(E)	DZP-400D(E)
生产能力	30～150(包/min)	
包装尺寸/mm	L(60～190)×W(30～110)×H(5～40)	L(60～190)×W(30～180)×H(5～60)
最大膜宽/mm	250	400
电源	AC 220V 50Hz, 2.4kW	AC 220V 50Hz, 2.65kW
整机质量/kg	700	800
外形尺寸/mm	3350×650×1800	3500×800×1800

6.9.5 全自动透明膜三维包装机

(1) 用途

TMP-130A (B) 系列全自动透明膜三维包装机主要适用于医药、食品、日化、化妆品、音像制品、橡胶、IT 等行业方形盒装物品的外表装潢包装。如药盒、口香糖、保健品、茶叶、方糖、安全套、橡皮、蚊香、香烟、磁带、VCD (CD) 光盘、扑克牌、透明皂、方形电池、软管等，起到了防伪、防潮的作用，并提高产品档次，增加了产品附加值，本机可与装盒机、喷码机等机械联动生产。

(2) 特点

① 结构紧凑合理，性能稳定先进，操作维护简便；

② 采用多功能数显变频器，无级变速；

③ 具有热封温度数字显示，一目了然；

④ 具有自动供料，自动计数等功能；

⑤ 传动部分设有各类保护装置及故障提示；

⑥ 设有试机送膜离合器，不浪费包装材料。

(3) 主要技术参数（见表 32-54）

表 32-54 全自动透明膜三维包装机主要技术参数

包装材料	OPP,BOPP,PVC
生产能力	30～150 包/min
包装尺寸/mm	L(60～130)×W(40～100)×H(10～40)
电源	AC220V 50Hz,3kW
整机质量/kg	750
外形尺寸/mm	2400×700×1500

6.9.6 GSXT 系列粉体颗粒给料系统

(1) 用途

GSXT 系列粉体给料设备以其效率高、占地少、成本低、污染小、易于连线和自控的特点，可实现从原料到成品的每个工艺设备之间的密封连接和输送。

(2) 原理

射流真空发生器在压缩空气的作用下产生真空，底阀关闭，在容器和输送管道中形成真空，物料从进料站被吸入到输送管道，并且进入到容器中，过滤器用于气固分离以防止粉尘和细小颗粒被吸入到真空发生器和内部环境中，当物料装满容器后，真空发生器停止工作，底阀打开，物料从容器中排出。同时反吹装置启动，清洁过滤器，发生器再次启动时，系统进入下一个工作循环，吸料和放料的时间可以通过气动控制或电动控制。

(3) 特点

全面提高药品质量，解决物料输送粉末分层难题，可以达到零污染；生产过程完全符合 GMP 规范的要求，全面提高药品的品质。防止粉尘飞扬，避免药物对操作人员的身体伤害。物料传输过程密闭，防止物料被二次污染。物料输送过程自动化，减小劳动强度。提高物料收率，减少损耗。低能耗、效率高、运行成本低。

(4) 主要技术参数（见表 32-55）

表 32-55 GSXT 系列粉体颗粒给料系统主要技术参数

形式	型号	输送能力/(kg/h)	压缩空气参数		噪声/dB	质量/kg	尺寸/mm	配套机型
			压力/MPa	消耗量/(L/min)				
间歇式	GSXT-50	30～100	0.4～0.6	约 160	60～65	16	φ180×580	压片机
	GSXT-100	80～180		约 320		18	φ180×680	胶囊充填机
	GSXT-150	100～260		约 480		18	φ180×780	粉碎机
	GSXT-200	150～400		约 620		20	φ180×780	振动筛
	GSXT-250	200～500		约 820		26	φ250×780	湿法制粒机
	GSXT-300	250～1000		约 920		30	φ250×780	整粒机
	GSXT-350	300～1800		约 1200		32	φ250×780	反应釜
	GSXT-400	400～2600		约 1400		36	φ250×810	包装生产线
连续式	L SXT-200	60～550		约 650		26	480×350×680	二维混合
	L SXT-300	180～1000		约 980		32	480×380×700	三维混合
	L SXT-400	240～1500		约 1400		42	500×380×720	V 型混合 锥型混合 0 密闭容器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

7　软胶囊设备

软胶囊是一种将油类或对明胶等囊材无溶解作用的液体药物或混悬液封闭于软胶囊中而制成的一种圆形或椭圆形制剂，一般呈透明或半透明状。考虑其成本，一般采用食用油作为溶剂的比较多。由于要求其中的有效成分含量较高，故对药材提取物的精制要求也较高，除了要得到较高的有效成分外，为了产品的美观，其色泽最好是无色或接近无色。按制备方式分：有压制法和滴制法。压制法获得的软胶囊中间有压缝，可通过改变模具孔的形状压制成外形各异的软胶囊。而滴制法制成的胶囊一般呈圆形，无缝，囊壁经处理后，也可制得肠溶软胶囊。

软胶囊生产常用的设备包括化胶罐、胶囊制备机、预干燥机、胶囊清洗机、干燥机、供料机、检丸机等设备。

7.1　水浴式化胶罐

该设备采用水平传动、摆线针轮减速器减速、圆锥齿轮变向，结构紧凑，传动平稳；搅拌器采用套轴双桨、由正转的两层平桨和反转的三层锚式桨组成，搅动平稳，均质效果好。罐体与胶液接触部分由不锈钢制成。罐外设有加温水套，用循环热水对罐内明胶进行加温，温升平稳。罐上还设有安全阀、温度计和压力表等。该产品除用于医药行业熔化药用明胶外，还可用于食品、日用化学品等行业作为真空搅拌均质设备。该产品是按Ⅰ类压力容器设计、制造，使用安全可靠。

技术参数见表 32-56。

表 32-56　水浴式化胶罐主要技术参数

项　目	HJG-700	TME-1
几何容积/L	950	400
水套容积/L	100	90
一次化胶量/L	200～700	100～300
排胶压力/MPa	＜0.1	＜0.1
罐内真空度/kPa	3.3	3.3
搅拌速度/(r/min)	19	21
使用温度/℃	约 100	约 100
电机功率/kW	7.5	5.5
质量/kg	约 1500	约 840
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1954×1500×1877	1790×1000×1710

7.2　RJNJ-2 型软胶囊机

该机由主机、输送机、干燥机、电控柜、明胶桶、料桶等组成（见图 32-38），该机采用变频调速技术，可使主机的滚模在 0～5r/min 范围内无级变速；同时采用温控装置，使喷体、明胶盒及明胶桶按需要温度任意调节。该机装量准确，全自动化，生产率高，适用于药品、化妆品、食品等生产行业。整机的技术参数如下：

电源　380V/220V　50Hz
总功率　7kW
冷风温度　8～12℃
冷风风量　≥500m³/h

(1) 主机

主机用于胶囊的成型。主机将油类或其他与明胶无溶解作用的液体、混悬液或糊状物定量喷注于两条连续生成的明胶膜之间，经两个圆筒状成型模具滚压、切断而形成规定形状和大小的密封软胶囊。

① 技术参数

滚模转数　0～5r/min，无级调速
滚模尺寸　(φ103×152) mm
装量差异　±2%
供料泵单柱塞
供料量　0～2mL（常规）
　　0～3（订制）
主电机　380V，1.5kW
电加热管　220V，200W×6
电加热套　220V，45W×2
外形尺寸(长×宽×高)　(880×640×1900)mm
质量　约 900kg

② 对电源的要求

保证不间断供电
允许电压波动　±10%（342～418V）
允许频率波动　±5%

(2) 输送机

输送机用于将主机生产的合格软胶囊送入干燥机中，反转可将不合格的胶囊送入废丸桶中。标准配置中合格软胶囊向使用者左手方向输送，可根据用户需要订制向右方向输送机。

(3) 干燥机

干燥机用于胶囊的定型和初步干燥。它包括四节转笼和两台对置的风机。每节转笼均可单独正反旋转。反时针旋转时胶囊停留在本节转笼中定型干燥。顺时针旋转时胶囊依次进入下一节转笼直至排出。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

技术参数如下：

转笼节数 4

转笼转速 8.35r/min

转笼尺寸 (φ423×620) mm

电动机 380V，0.4kW×4

风机风量 2000m³/h×2

风机功率 380V 0.25kW×2

风机转速 1200r/min

外形尺寸(长×宽×高) (3546×600×1140)mm

质量 约1000kg

(4) 电控柜

电控柜用于控制整个软胶囊机协调工作，并显示工作过程中滚模转速及各有关部件的温度。有碳钢表面和不锈钢表面两种形式供用户选择。

(5) 明胶桶

明胶桶储存形成胶膜所需的明胶胶液并保温。新型气压供胶桶采用清洁压缩空气供胶，使用时无需吊起，胶桶有效容积105L。

(6) 自动供料系统

自动供料系统采用蠕动泵向料斗供料，料液输送过程完全密封，管路易于清洗。

功率 80W

蠕动泵供液量 约1.5L/min

(7) 整机外形（见图32-38）

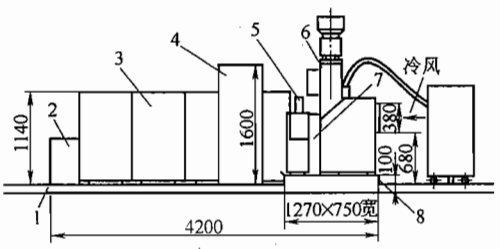


图32-38 软胶囊机整机外形

1,8—油盘；2—风机；3—干燥机；4—电控柜；5—输送机；6—主机；7—剩胶桶

7.3 YGJ-Ⅰ型软胶囊预干机

该机属于远红外沸腾干燥设备（见图32-39），可将软胶囊（或胶丸）水分经过一段时间预干后下降至25%左右，使软胶囊进入履带最终干燥机之前不再粘连。其占地面积小，干燥均匀，预干速度高，缓解软胶囊在干燥过程中被挤压及破损，是软胶囊最佳的预干设备。

(1) 特点

本机采用流化床干燥技术，干燥均匀、干燥速度高；采用振动给料方式，使软胶囊在设备中不粘连且进料方便；采用红外加温装置，风温可以根据软胶囊成型情况自动调节；操作简便，可减轻工人劳动强度；采用五节式滚筒方式，干燥量大；占地面积小，安装方便，易于清洗。

(2) 技术参数

干燥能力 8号软胶囊25000粒/h（软胶囊胶皮含水量降至25%左右）

设备操作 连续运行

滚筒节数 5节

滚筒尺寸 (直径×长度)(φ523×620)mm

风机风量 3300～5000m³/h×5

整机功率 10kW

外形尺寸(长×宽×高) (3810×1285×1123)mm

整机质量 约1200kg

7.4 XWJ-Ⅱ型软胶囊清洗机

该机为软胶囊全自动清洗设备。整机由给料系统、超声波清洗系统、初次酒精浸洗系统、二次酒精喷洗系统、电器控制系统组成（见图32-40）。

(1) 特点

本机采用先进的超声波清洗技术，清洗干净，清洗速度快；从进料到出料全自动进行，胶丸清洗过程中，不挤压，丸形质量好；采用超声波清洗技术和浸洗、喷洗几种方式相结合，使软胶丸清洗更干净；操作简便；采用全防爆设计，安全可靠；占地面积小，安装方便；外表面及与软胶囊接触的工作面全部采用不锈钢结构，清洗中工人手不接触胶丸，结构紧凑合理，外形美观大方。

(2) 技术参数

清洗能力 8# 软胶囊（500mg/粒）3.6万粒/h

设备运行 连续运行

整机功率 2.2kW

电源 三相五线制 380V/50Hz

外形尺寸(长×宽×高) (1200×920×1300)mm

整机质量 约200kg

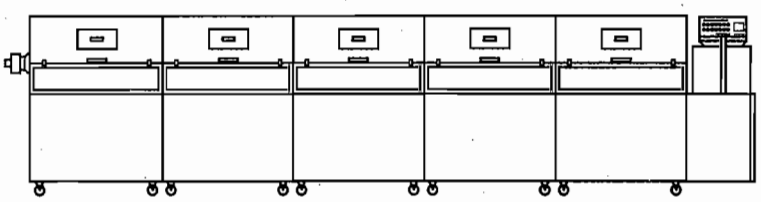


图32-39 软胶囊预干机设备外形

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

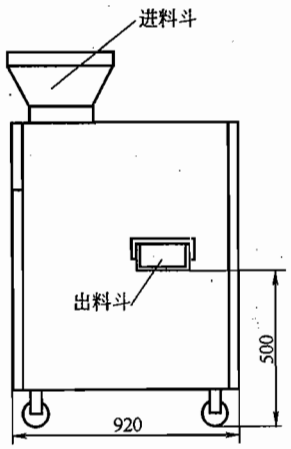


图 32-40 XWJ-Ⅱ型软胶囊清洗机

7.5 LWJ-Ⅰ型履带式全自动干燥机

该机为软胶囊最终干燥设备。

由转轮除湿系统、全自动输料系统和制冷系统和电控系统等组成（见图 32-41）。

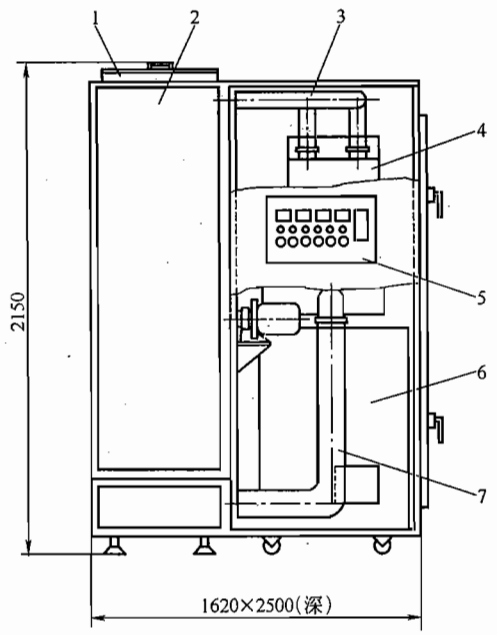


图 32-41 LWJ-I型履带式全自动干燥机

1—进料口；2—输料系统；3—输料出风管；4—制冷系统；5—电气系统；6—除湿系统；7—输料进风管

(1) 特点

① 采用除湿和制冷结合方式，除湿效率高（一个干燥周期仅需 4～12h），在低温低湿情况下仍能保持高效的除湿率。

② 输料系统和除湿系统自成封闭系统，干燥室内不再需大型除湿机及大型风机组，节省综合投资，也降低了对厂房的净化要求，同时改善了对工作环境的要求。

③ 操作简便，劳动强度低。

④ 该机输料系统平稳，干空气流动均匀，软胶囊干燥中不重叠、不挤压，克服了滚笼干燥方式中软胶囊间互相挤压、胶丸接缝易开裂的缺陷，实现了均匀、低温、无破损、无粘连、快速干燥。

⑤ 占地面积小、容量大，一套软胶囊生产线仅需一台干燥机。

⑥ 外表及与胶囊接触部分采用全不锈钢结构。

(2) 技术参数

干燥能力 对预干后的胶囊（8# 软胶囊）25000粒/h

干燥周期 对预干后的胶囊 6～10h

设备运行 无级调速

除湿能力 6kg/h

电源 三相五线制 380V/50Hz

整机功率 12kW

外形尺寸(长×宽×高) (2400×1770×2150)mm

整机质量 2000kg

7.6 SLJ-Ⅱ型地面供料机

该机为全自动供料设备。由振动给料系统、竖直输送系统和无级调速电控系统等组成。

(1) 特点

① 进料到出料均为全自动进行；竖直给料，设备占地面积小；进料采用振动给料方式，给料均匀、速度快。

② 竖直输送系统采用变频调速电控系统，随机控制给料量。

③ 操作简便，工人劳动强度低。外表面及与软胶囊接触的工作面全部采用不锈钢结构，且易清理。

(2) 技术参数

给料高度 约 2m

给料速度 10～30L/h

设备运行 连续运行，无级调整

整机功率 ≤0.3kW

电源 380V

占地面积(长×宽×高) (850×350×2600)mm

整机质量 约 200kg

7.7 FJ-Ⅰ型半自动软胶囊检丸机

该机专用于胶囊片剂外观质量的检视，主要由振动筛选给料系统、物料自动传送翻转系统、真空吸料系统、照明系统、电气控制系统等组成（见图32-42）。

(1) 特点

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

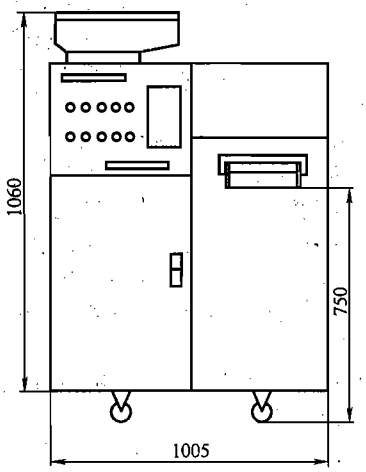


图 32-42 FJ-Ⅰ型半自动软胶囊检丸机

① 自动筛选异型产品，检查无死角盲区，工作效率高。

② 振动给料，物料传送无级调速，物料自动翻转，便于人工检视，减少操作工人与物料的接触。

③ 全不锈钢结构，操作简便，降低劳动强度。

(2) 技术参数

适用范围 胶囊直径 ϕ4～20mm，长度＜30mm，片剂直径小于 25mm

占地面积(长×宽×高) (1500×1050×1400)mm

给料速度 无级调速

设备运行 连续运行

整机功率 ＜1.4kW

电源 220V，50Hz

整机质量 ＜200kg

7.8 全自动无缝软胶丸机

DWJ-Ⅰ型全自动无缝软胶丸机由供料、供胶、脉冲切割、石蜡油循环、制冷、电控等系统组成。该机消除了传统的三杆泵式滴丸设备的装量精度低、稳定性差等缺点，采用了先进的脉冲切割技术，当高精度泵供给的料液与带自控的明胶液在滴头处形成同心组合流柱时，以脉动液体刀均匀将其切割，在液体表面张力下自然形成球状软胶丸，胶丸经冷却、凝固、分离并被自动排出机外。该机装量准确，生产率高，自动化程度高，广泛适用于药品、食品、化妆品等行业的无缝软胶丸的生产。填充料包括植物油、挥发油、鱼肝油、杀虫剂、营养剂、硝化甘油、戒烟药、多种维生素（维 A、D、E、F、K…）等。

主机参数：

胶丸装量：20～500mg

生产能力：7200～43200 丸/h

电源：三相四线制，380V/50Hz

平均/最大耗电量：1.5kW/5.0kW

外形尺寸：(1080×800×2040)mm

整机质量：450kg

环境条件：

室温：15～20℃

相对湿度：≤40%

电源：三相四线制，380V±5%

(若用户所在地电源电压不稳，需加稳压器)

8 灭菌设备

8.1 大输液水浴灭菌器

该灭菌器是以高温循环水为灭菌介质的全自动新型灭菌器。其性能特点如下。

① 采用先进的微机组态进行全程自动控制方式，实现了对设备高性能、高智能化的监控，控制精确可靠、程序修改方便、动态显示工作流程、曲线报表存盘打印，可与网络连接、易实现远程监控。

② 主体采用矩形箱体并带有夹套加强结构。内壁选用 304 耐酸不锈钢板制造，经机械精抛与电化学表面处理，达到镜面光洁、提高耐蚀性，延长使用时间。双门结构，可保证灭菌区与已灭菌区的隔离。

③ 密封门由可编程控制器自动控制、无杆气缸驱动的气动平移门。密封圈采用耐温和弹性良好的硅橡胶制成，通过向密封圈内充入压缩空气，实现门和主体的密封。门具有多重安全联锁保护，确保人身和设备安全。

④ 采用优质气动阀门、耐高温循环泵及高效板式换热器。管路系统采用不锈钢卫生管道，确保无污染、无滞留。

⑤ 采用高温过热水均匀喷淋，使灭菌室内温度均衡，确保药品灭菌彻底，且可实现 100℃以下的低温均匀灭菌。水浴冷却物品均衡降温，灭菌过程严格控制压力及温度的波动，保证不爆瓶、不爆袋。冷却水不与药品直接接触，解决了药品二次污染的问题，灭菌过程中温度时间控制，F_0 值控制，温度时间和 F_0 值双重控制三种控制方式可供选择，且可控制升温和降温梯度，以保证不同的药品制剂的灭菌效果。

⑥ 灭菌车搁栅可按 500mL、250mL、100mL 三种规格的玻璃瓶调整，灭菌器外消毒车的搬运可采用电动搬运车或采用地轨系统，在灭菌器地面铺设轨道与转盘，可将消毒车输送到规定的区域。

设备的主要尺寸见图 32-43，技术参数见表 32-57。

8.2 安瓿水浴灭菌器

安瓿水浴灭菌器主要用于安瓿、口服液、小输液瓶等药品制剂的灭菌和检漏处理。它利用循环高温水作为灭菌介质，可实现较低温度下（100℃以下）的均匀灭菌，消除了蒸汽灭菌时因冷空气存在而造成的

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-57　PSM 系列大输液水浴灭菌器主要技术参数

型号	容积/m^3	装载量/瓶			灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm	消毒车数量规格/辆	导轨方式	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/t	电功率/kW	耗汽量/(kg/次)	耗水量/(m^3/次)	耗气量/(m^3(标)/次)	纯化水量/(kg/次)
		500mL	250mL	100mL										
PSM500	1.2	500	864	1631	1100×860×1300	1B	单排	1600×3300×2100	1.8	3	80	2.5	3	120
PSM1000	2.3	1000	1728	3262	2100×860×1300	2B	单排	2600×3500×2100	2.4	5.5	130	4.5	5	240
PSM2000	4.6	2000	3465	6524	4000×860×1300	4B	单排	4500×3500×2100	4.2	7.5	230	9	9	350
PSM2520	5.3	2520	4680	8512	4000×1000×1300	4C	单排	4500×3860×2100	4.8	11	280	12.5	10	400
PSM2700	6.4	2700	4752	8820	2700×1640×1300	6A	双排	3200×4260×2100	5.8	11	320	14	11	450
PSM3000	6.9	3000	5184	9786	3000×1640×1400	6B	双排	3500×4260×2100	6.2	11	480	15	12	500
PSM3150	6.4	3150	5850	10640	4930×1000×1300	5C	单排	5200×3860×2100	7.0	11	500	16	12	500
PSM3600	8.5	3600	6336	11760	3700×1640×1400	8A	双排	4200×4260×2100	7.2	18	540	18	15	600
PSM4000	9.2	4000	6912	13048	4000×1640×1400	8B	双排	4500×4260×2100	7.6	18	580	20	16	650
PSM4500	10.3	4500	7920	14700	4500×1640×1400	10A	双排	5000×4260×2100	8.5	19	650	22	18	740
PSM5000	11.3	5000	8640	16310	4900×1640×1400	10B	双排	5400×4260×2100	9.2	22	720	25	19	800
PSM5400	12.4	5400	9504	17640	5400×1640×1400	12A	双排	5900×4260×2100	10	30	860	27	22	880
PSM6000	13.3	6000	10368	19572	5800×1640×1400	12B	双排	6300×4260×2100	10.8	30	930	30	23	950
PSM6300	14.5	6300	11088	20540	6300×1640×1400	14A	双排	6800×4260×2100	11.4	30	1080	32	25	1000
PSM7000	15.4	7000	12096	22834	6700×1640×1400	14B	双排	7200×4260×2100	12	38	1160	35	26	1100
PSM7200	16.3	7200	12672	23520	7100×1640×1400	16A	双排	7600×4260×2100	12.8	38	1240	36	28	1150
PSM8000	17.5	8000	13824	26096	7700×1640×1400	16B	双排	8200×4260×2100	13.5	38	1400	40	30	1250
PSM9000	19.7	9000	15552	29358	8600×1640×1400	18B	双排	9100×4260×2100	15	38	1520	45	33	1400

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

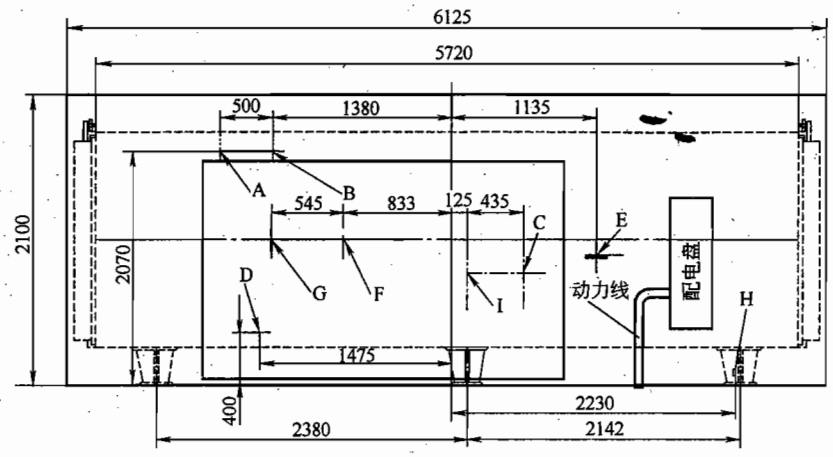


图 32-43 设备尺寸图

A—蒸汽进口；B—冷却水进口；C—冷却水排口；D—循环水排口；E—循环水进口；
F—内室排气口；G—内室补气口；H—手动排水口；I—疏水排口；

温度死角，并可避免在灭菌后的冷却过程中由于冷却水不洁而造成的药品再污染现象。灭菌结束后通过真空加色水检漏。

其特点是：灭菌过程中，温度时间控制，F_0 值控制，温度时间和 F_0 值双重控制的三种控制方式可供选择，保证灭菌可靠；真空加正压联合检漏，保证检漏率 100%；密封门可选用气动平移门、电动升降门或辐射状锁紧结构的手动门；采用优质气动阀门、真空泵及高效板式换热器。管路系统采用不锈钢卫生管道，确保无污染和无滞留等。

设备的主要尺寸见图 32-44，技术参数见表 32-58。

表 32-58 安瓿水浴灭菌器主要技术参数

灭菌器	灭菌室尺寸（长×宽×高）/mm	外形尺寸（长×宽×高）/mm	导轨方式	消毒车数量规格
ASM-1.0	1700×610×910	1950×3280×1920	单排	2辆
ASM-1.2	1500×760×1100	1800×3280×2000	单排	2辆
ASM-1.5	1800×800×1100	2200×3200×2000	单排	2辆
ASM-2.0	2270×800×1100	2670×3200×2000	单排	2辆
ASM-2.5	2215×1000×1300	2630×3610×2100	单排	2辆
ASM-5.0	4000×1000×1300	4415×3610×2100	单排	4辆

灭菌器	质量/t	电功率/kW	耗汽量/(kg/次)	备用水耗水量/(kg/次)	耗气量(压缩空气)/[m^3(标)/次]	纯化水量/(kg/次)
ASM-1.0	2.8	控制 0.5 动力 6.35	80	200	3	400
ASM-1.2	2.6	控制 0.5 动力 6.35	80	200	3	400
ASM-1.5	2.8	控制 0.5 动力 7.85	100	250	4	500
ASM-2.5	3.8	控制 0.5 动力 12.1	130	300	5	600
ASM-5.0	6.5	控制 0.5 动力 16.5	250	500	10	1100

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

灭菌器	装　量/支				
	1mL	2mL	5mL	10mL	20mL
ASM-1.0	100000	60000	24000	15000	9000
ASM-1.2	111000	76000	36000	22500	12400
ASM-1.5	138700	95000	45000	28000	15500
ASM-2.5	210600	147000	69600	43000	23500
ASM-5.0	421200	294000	139200	86000	47000

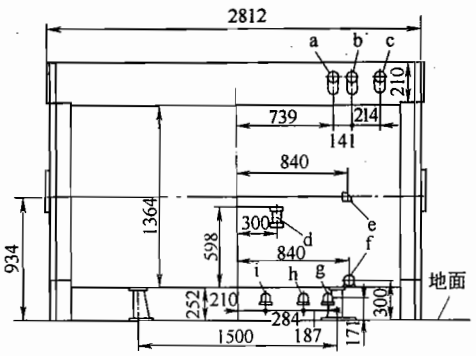


图 32-44 ASM-2.0 型安瓿水浴灭菌器
a—蒸汽进口；b,c—水进口；d—色水进口；e—疏水口；f—真空泵排水；g,h,i—排水口

8.3 PXS 系列旋转式水浴灭菌器

旋转式水浴灭菌器用于制药、食品行业中生产的悬浊液、乳浊液、易沉淀或具有热敏化学特性的输液、安瓿、口服液等灌装成品的灭菌，同时也适用于一般性药品的灭菌。

(1) 性能特点

① 筒体采用机械抛光的 304 不锈钢，表面光洁、耐腐蚀。

② 灭菌器的门采用机动或气动平移开闭方式，电气安全联锁。

③ 全部采用不锈钢管道，用纯化水对灭菌物加热、灭菌、冷却，灭菌效率高，对灭菌物无污染。

④ 气控阀门动作稳定可靠，不锈钢喷淋板喷淋均匀、旋转速度合理，确保灭菌温度分布均匀、无死角。

⑤ 控制系统采用工业控制计算机＋可编程控制器的上下位机控制方式。

⑥ 旋转系统采用磁性联轴器静密封，解决了泄漏或污染问题。

⑦ 采用变频无级调速及自动记数系统，使输入扭矩恒定，停转时定位准确。

⑧ 强力弹簧压紧可靠，减震性能好；采用气动打开分层内车，操作方便快捷，劳动强度低。

⑨ 内外车结构合理，使用方便灵活；灭菌空间利用合理，装瓶量大。

(2) 技术参数（见表 32-59）

(3) 设备外形（见图 32-45）

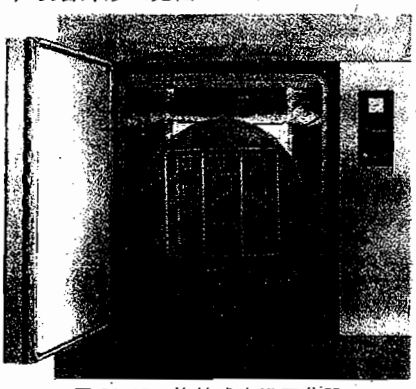


图 32-45 旋转式水浴灭菌器

8.4 XG1.R 系列软包装快冷灭菌器

XG1.R 系列软包装大输液快速冷却灭菌器主要用于医院制剂室和制药企业对软包装大输液的灭菌。能实现 105～121℃软包装大输液的灭菌而不爆袋。

(1) 特点

① 饱和蒸汽灭菌，外部注水冷却，循环周期短，生产效率高。

② 采用蒸汽均匀布点注入技术，灭菌温度均匀，升温迅速，冷空气排除彻底。

③ 灭菌过程中，有温度时间控制，F_0 值控制，温度时间和 F_0 值双重控制三重控制，灭菌可靠。

④ 外部注水顶部均匀喷淋冷却，冷却速度快，出袋温度低。

⑤ 可控制升温和降温梯度，满足不同的药品制剂对灭菌的不同要求。

(2) 技术参数（见表 32-60）

(3) 设备外形（见图 32-46）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-59 PXS 系列旋转式水浴灭菌器主要技术参数

项目 \ 规格	PXS-7.2Ⅱ	PXS-8.5Ⅱ	PXS-10Ⅱ	PXS-11Ⅱ	PXS-14Ⅱ	PXS-16Ⅱ	PXS-18Ⅱ	PXS-20Ⅱ	PXS-26Ⅱ
每锅装瓶量(500mL)/瓶	1000	1200	1400	1500	2000	2200	2500	2800	3600
每锅装瓶量(250mL)/瓶	2060	2430	2860	3150	4000	4600	5150	5700	7400
设计压力/MPa	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
设计温度/℃	137	137	137	137	137	137	137	137	137
最高工作压力/MPa	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
最高工作温度/℃	135	135	135	135	135	135	135	135	135
蒸汽压力/MPa	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5	0.3～0.5
蒸汽耗量/(kg/h)	900	1000	1200	1300	1700	2000	2200	2500	3200
电机功率(AC 380V)/kW	15	15	15	15	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
控制电源(AC)/V	220	220	220	220	220	220	220	220	220
容器类别	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm	4482×1150×1400	5240×1150×1400	6000×1150×1400	4700×1606×1430	6000×1606×1430	6950×1606×1430	7650×1606×1430	8700×1606×1430	11400×1606×1430
外形尺寸(长×宽×高)/mm	5020×3795×2600	5780×3795×2600	6540×3795×2600	5250×4160×2600	6550×4160×1600	7500×4160×2600	8200×4160×2600	9250×4160×2600	11950×4160×2600
设备净质量/kg	8000	9200	9800	11100	14500	16000	18500	20500	23300
纯化水耗量/(kg/次)	750	880	1000	1200	1500	1700	1900	2100	2700
冷却水源/MPa	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3
冷却水耗量/(m^3/次)	23	27	31	35	45	51	58	64	83
压缩空气/MPa	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6

表 32-60 XG1.R 系列软包装快冷灭菌器主要技术参数

型号	灭菌室容积(长×宽×高)/mm	外形尺寸(长×宽×高)/mm	净质量/kg	电功率/kW	耗汽量/kg	耗水量/kg	每循环耗压缩空气量/m^3(标)	控制方式	装量/袋	
									500mL	250mL
XG1.UR-1.2	1500×750×1080	2110×1360×1930	2000	控制:0.5 动力:0.55	120	1600	3	PLC 手动门	550	850
XG1.DMR-1.2	1500×680×1180	1860×1210×1930	2000	控制:0.5 动力:0.55	120	1600	3	PLC 机动门	550	850
XG1.KFR-2.5A	2100×1000×1200	2800×1624×1990	3000	控制:0.5 动力:0.75	250	1600	5	PLC 手动门	1000	1700
XG1.KFR-2.5B	2100×1000×1200	2800×1624×1990	3000	控制:0.5 动力:0.75	250	3000	5	触摸屏 手动门	1000	1700
XG1.KFR-2.5C	2100×1000×1200	2800×1624×1990	3000	控制:0.5 动力:0.75	250	3000	5	微机组态 手动门	1000	1700

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

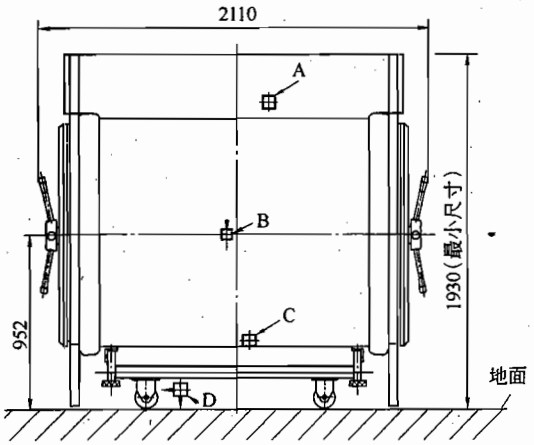


图 32-46　软包装快冷灭菌器

A—压缩空气；B—蒸汽进口；C—进水口；D—排汽水口

8.5　大输液快冷灭菌器

该系列灭菌器是以压力蒸汽为灭菌介质的全自动新型快速冷却灭菌器。

(1) 特点

① 采用微机组态进行全程自动控制方式，实现对设备高性能、高智能监控，控制精确可靠、程序修改方便、动态显示工作流程，可与网络连接、易实现远程监控。

② 主体采用矩形箱体并带有加强结构。内壁选用 304 耐酸不锈钢板制造，经机械精抛与电化学表面处理，达到镜面光洁度要求，提高耐蚀性，延长使用时间。双门结构，可保证灭菌区与已灭菌区的隔离。

③ 采用 PID 控制技术，使灭菌室内压力和温度均衡，确保药品灭菌彻底，水喷淋冷却物品均衡快速降温，灭菌过程严格控制压力及温度的波动，保证不爆瓶、不爆袋。灭菌过程中温度时间控制、F_0 值控制、温度时间和 F_0 值双重控制三种控制方式可供选择，且可控制升温和降温梯度，以保证不同的药品制剂的灭菌效果。

④ 密封门为全自动操作，电动升降，嵌齿锁紧，操作方便、安全可靠，密封圈采用耐温和弹性良好的硅橡胶制成，通过向密封圈内充入压缩空气，实现门和主体的密封。

⑤ 配有消毒车和搬运车，车子搁栅可按 500mL、250mL、100mL 三种规格的玻璃瓶调整，以 KG-1.2 型为例，每车可装载 500mL 大输液 544 瓶，250mL 大输液 990 瓶，100mL 大输液 2016 瓶，灭菌器外消毒车的搬运可采用电动搬运车，或采用地轨系统。

(2) 技术参数（见表 32-61）

(3) 设备外形（见图 32-47）

表 32-61　KG 系列大输液快速冷却灭菌器主要技术参数

项目	单位	KG-1.2	KG-2.5	KG-3	KG-5	KG-8	KG-10
设计压力	MPa	0.245					
设计温度	℃	139					
热均匀度	℃	≤±1					
真空度	MPa	−0.095					
蒸汽耗量(0.4～0.6MPa)	kg/批	85	120	140	250	500	650
冷却水耗量(0.1～0.3MPa)	m^3/批	800	1500	1800	3000	4500	5500
压缩空气耗量(0.5～0.7MPa)	m^3(标)/批	1	2	2.2	4	6	8
灭菌车	辆	2	4	2	3	5	6
电源功率	kW	3	5.5	5.5	8	8	10
内箱尺寸	mm	1500×750×1100	3000×750×1100	2000×1000×1500	3400×1000×1500	5400×1000×1500	6700×1000×1500
外形尺寸	mm	1695×1370×1960	3195×1370×1960	2235×1800×2200	3635×1800×2200	5635×1800×2200	6935×1800×2200
质量	kg	1900	2800	3500	4500	7500	9800
输液瓶装载量：100mL	瓶	2016	4032	4620	7980	12600	15960
250mL	瓶	990	1980	2340	4050	6300	8100
500mL	瓶	544	1088	1370	2445	3675	4890

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

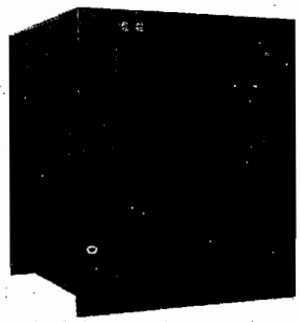


图 32-47 大输液快冷灭菌器

8.6 安瓿检漏灭菌器

该灭菌器是以压力蒸汽为介质进行灭菌，用色水进行检漏，以纯化水进行检漏后的安瓿清洗，主要适用于制药企业、医院安瓿、口服液等制剂的灭菌，符合国家 GMP 规范要求。

(1) 特点

① 真空加正压联合检漏，保证检漏率 100%。

② 选用优质气动阀、循环泵和真空泵。

③ 喷淋装置采用不锈钢孔板淋盘，喷淋均匀无死角。采用 PID 比例调节阀可保证灭菌室内的压力和温度均衡。

④ 可根据要求，配置辐射状门栓锁紧结构的手动门和自动控制的机动门。

(2) 技术参数（见表 32-62）

8.7 机动门真空灭菌器

(1) 工作原理

该灭菌器是一种全自动的新型脉动真空灭菌器，选用先进的微机可编程序控制器进行全程自动控制，密封门的开关与锁紧实行电动操作。广泛适用于医疗、制药、食品、卫生防疫等行业对敷料、器械、器皿、液体等物品进行灭菌处理。该灭菌器结构合理，性能先进，使用可靠，可完全替代进口。

(2) 特点

① 灭菌器主体为卧式方形结构，可保证操作区与无菌区隔离。灭菌室内壁采用进口 304 不锈钢板材，表面经电化学抛光处理，光滑易清洁。

② 密封门为全自动操作，电动升降，嵌齿锁紧，气动密封，操作者只需按一下按钮，就可打开或关闭密封门，降低操作者劳动强度。

③ 脉动真空排气方式，保证灭菌室内冷空气排除彻底。

④ 操作压力及温度全过程自动控制，保证灭菌过程温度及压力均衡。

⑤ 真空抽湿，夹层烘干，保证灭菌后物品干燥清洁。

⑥ 配有消毒车与搬运车，操作方便。

(3) 技术参数（见表 32-63）

表 32-62 AQ 系列安瓿检漏灭菌器主要技术参数

参数		AQ-1.2Ⅱ双扉	AQ-2.4 双扉
蒸汽	压力/MPa	0.3～0.5	0.3～0.5
	周期耗量/kg	100	200
电	控制电源	AC220V/50Hz/3A	AC220V/50Hz/3A
	电机电源	AC380V/50Hz/20A	AC380V/50Hz/20A
	功耗	5.6kW	5.6kW
冷却水	压力/MPa	0.3～0.5	0.3～0.5
	周期耗量/kg	1000	2000
最高工作压力/MPa		0.15	0.15
最高工作温度/℃		127	127
行程周期/min		约 95	约 95
灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm		1592×750×1050	2070×1000×1200
外形尺寸(长×宽×高)/mm		2250×1470×2180	2790×1900×2450
设备质量/kg		2130	2700
色水储罐/m^3		1.5	2.5

表 32-63 XG1.DM 系列机动门真空灭菌器主要技术参数

型号	灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm	外形尺寸(长×宽×高)/mm	净质量/kg	控制电源(220V)	动力电源(380V)	水源压力/MPa	蒸汽源压力/MPa	压缩空气压力/MPa
XG1.DMS-0.24	660×600×600	954×1025×1730(单) 1018×1025×1730(双)	550(单) 600(双)	50Hz 500W	1.45kW	0.15～0.3	0.3～0.5	0.5～0.7

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型　号	灭菌室尺寸（长×宽×高）/mm	外形尺寸（长×宽×高）/mm	净质量/kg	控制电源（220V）	动力电源（380V）	水源压力/MPa	蒸汽源压力/MPa	压缩空气压力/MPa
XG1. DMX-0. 36	994×600×600	1288×1025×1730(单) 1352×1025×1730(双)	650(单) 700(双)	50Hz 500W	1. 45kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DME-0. 6	1200×610×910	1466×1120×1960(单) 1540×1120×1960(双)	1250(单) 1320(双)	50Hz 500W	2. 35kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMH-0. 8	1450×610×910	1716×1120×1910(单) 1790×1120×1910(双)	1600(单) 1670(双)	50Hz 500W	2. 35kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMA-1. 0	1700×610×910	1966×1210×1910(单) 2040×1210×1910(双)	1750(单) 1820(双)	50Hz 500W	2. 35kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMB -1. 2	1500×680×1180	1796×1210×1930(单) 1860×1210×1930(双)	2000(单) 2100(双)	50Hz 500W	3. 85kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMF-1. 5	1870×680×1180	2094×1210×1930(单) 2230×1210×1930(双)	2350(单) 2430(双)	50Hz 500W	3. 85kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMC-1. 5	1500×680×1480	1772×1210×2244(单) 1860×1210×2244(双)	2400(单) 2480(双)	50Hz 500W	3. 85kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMD -2. 0	2000×680×1480	2360×1210×2244(双)	2800(双)	50Hz 500W	4. 00kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7
XG1. DMG -2. 5	2100×1000×1200	2510×1624×1990(双)	3500(双)	50Hz 500W	4. 00kW	0. 15～ 0. 3	0. 3～ 0. 5	0. 5～ 0. 7

8.8 EO系列环氧乙烷灭菌器

环氧乙烷灭菌器（见图32-48）是利用单瓶装100%环氧乙烷气体为介质，在一定的温度、压力、湿度条件下，对密闭在容器内的物品进行消毒灭菌的专用设备。100%环氧乙烷气体灭菌器与混合气体灭菌器相比较的优点是不含CFC/HCFC（俗称氟利昂/氢化氟利昂），不破坏大气臭氧层，对环境无污染。而单瓶装又避免了巨大钢瓶存放的安全性，避免泄漏，经济实惠，使用简单。环氧乙烷灭菌器具有穿透力强，对物品无损伤、无腐蚀的特点，适合于较低温度、压力和湿度情况下的灭菌需要。

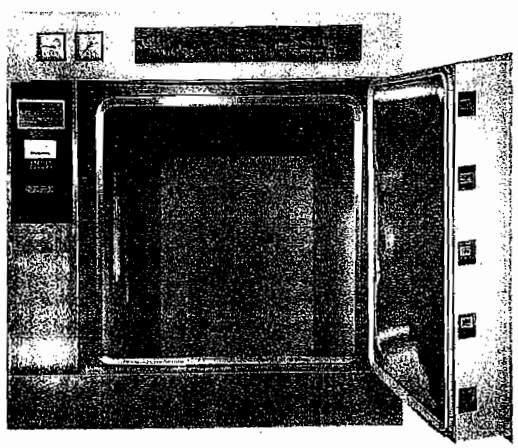


图32-48 环氧乙烷灭菌器

环氧乙烷灭菌器可配备局部抽风罩，热空气排气锅，在整个操作过程中独特的工作原理保证了操作人员的安全。

适用范围为：医疗用品，（如注射器、输液器等），医疗器械（如牙科器械、内窥镜等），卫生用品（如餐巾纸、卫生巾等）；电子仪表（如手机、光学仪器等），生化制品（如皮革、化纤等），医药类，（如各种中西药等）以及其他（如钱币、绘画）等。

技术参数见表32-64。

8.9 隧道微波灭菌器

隧道微波灭菌器是目前国内较为先进的灭菌、干燥、解冻设备。适用于医药制剂和食品的灭菌。还广泛用于化工、木材、微生物肥料、图书、种子、等方面的灭菌、消毒、防霉、干燥，用于10kg以下的小包装食品的解冻和各种快餐的加热消毒。

(1) 特点

① 灭菌干燥时间短、速度快。微波加热是通过物料与微波直接相互作用，物料自身发热，不需要热传导的过程，因此能在极短的时间内达到加热温度。

② 均匀加热。微波加热能使物料表里同时受到电磁波的作用，而产生热量，所以加热均匀性好。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 32-64 EO 系列环氧乙烷灭菌器主要技术参数

技术参数	EO-0.6	EO-0.8	EO-1.2	EO-1.5	EO-2.0	EO-2.4	EO-3.0	EO-4.8	EO-7.2	EO-8.5	EO-10	EO-11	EO-14	EO-16	EO-18	EO-20	EO-26
设计压力/MPa	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1	−0.1
设计温度/℃	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
工作压力/MPa	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05	−0.05
工作温度/℃	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
蒸汽压力/MPa	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6	0.3～0.6
蒸汽耗量/(kg/h)	150	150	180	180	240	240	280	280	350	370	400	430	500	550	600	650	750
电机功率/kW	4	4	4	4	4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	15	15	15	15	15	15	15
控制电源电压/V	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
容器类别	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm	1080×915×610	1420×915×610	1590×1050×750	1930×1050×750	2550×1050×750	2070×1200×1000	2500×1200×1000	3950×1200×1000	4482×1400×1150	5240×1400×1550	6000×1400×1150	4700×1430×1606	6000×1430×1606	6950×1430×1606	7650×1430×1606	8700×1430×1606	11400×1430×1606
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1400×1650×1120	1850×1650×1120	2200×2380×1360	2540×2380×1360	3110×2380×1360	2550×2150×1850	3030×2150×1850	4480×2150×1850	5000×2600×2850	5760×2600×2850	6520×2600×2850	5250×2600×4160	6550×2600×4160	7500×2600×4160	8200×2600×416	9250×2600×4160	11950×2600×4160
设备净质量/kg	950	1200	1450	1650	2000	2300	2600	3150	7000	8000	9000	10000	11000	11800	12500	13200	14000
水源压力/MPa	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3	0.15～0.3
水耗/kg	100+100	150+100	200+100	250+100	300+100	300+200	400+200	600+200	800+400	900+400	1000+600	2600+600	3500+600	4000+600	4400+600	5000+600	6500+600
压缩空气/MPa	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6	0.4～0.6

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

③ 低温杀菌保持药效。微波加热具有热力和生物效应，能在较低的温度下杀死细菌，并能较多保持物料的活性和营养成分，特别适合药品和食品工业。

④ 节能高效。在微波加热过程中，除了被加热的物料升温外，没有其他的热损耗，因此节能高效。

⑤ 易于控制。与常规手法比较，设备能即开即用，操作灵活方便。

⑥ 设备工作环境温度低、噪声小，较好地改善劳动条件，并节省占地面积。

⑦ 安全无害。微波能在金属制成的封闭谐振腔中工作，所以能量泄露极小。微波没有放射线危害及有害的气体排放，是一种十分安全的加热技术。

(2) 技术参数（见表 32-65）

表 32-65　SD2002 系列隧道微波灭菌器主要技术参数

设备型号	CHG-8 CHG-8A	CHG-10 CHG-10A	CHG-12 CHG-12A	CHG-16 CHG-16A
工作频率	(2450±50)MHz			
输出功率	8kW	10kW	12kW	16kW
脱水能力	1kg(kW·h)			
传送带宽度	540mm			
转送带速度	0.2～15m/min(可调速)			
微波泄漏	<5mW/cm²			
外形尺寸/m	6×0.7 ×1.8	7×0.7 ×1.9	8×0.7 ×1.9	10×0.7 ×1.9
设备型号	CHG-20 CHG-20A	CHG-24 CHG-24A	CHG-30 CHG-30A	CHG-80-40 CHG-40-80A
工作频率	(2450±50)MHz			
输出功率	20kW	24kW	30kW	40～80kW
脱水能力	1kg(kW·h)			
传送带宽度	540mm			
转送带速度	0.2～15m/min(可调速)			
微波泄漏	<5mW/cm²			
外形尺寸/m	12×0.7 ×1.9	12.6×0.7 ×1.9	16×0.7 ×1.9	

8.10　臭氧灭菌器

(1) KCF-KE 系列水处理专用臭氧灭菌器

用于纯净水、矿泉水、自来水、医药用水等的终端灭菌处理和生产清洗用的消毒水。

① 特点　采用特种管状臭氧发生器，工作频率低，不产生氮氧化物，特别适用于医药用水的终端处理和饮用水的终端处理，无需再用纯氧做原料；臭氧浓度高，混合充分，溶解度高，消毒灭菌更彻底；机器结构简单，操作维护方便。

② 技术参数(见表 32-66)

表 32-66　臭氧灭菌器主要技术参数

型　号	电源电压/(V/Hz)	O_3 发生量/(g/h)	功率/kW	空气流量/(m³/h)	外形尺寸/mm	处理水量/(t/h)
KCF-KE5	220/50	5	0.15	1.1	600×400×1320	1～3
KCF-KE10	220/50	10	0.30	2.2	700×400×1520	3～5
KCF-KE20	220/50	20	0.60	4.4	750×580×1520	5～10
KCF-KE30	220/50	30	1.0	6.6	800×600×1820	10～20

(2) KCF-T 系列室内空气臭氧灭菌器

用于各类大小不同房间的消毒，可替代紫外灯和化学试剂熏蒸消毒。

① 特点　采用柜式结构，主机和控制柜可以根据用户的需要做成分体机或一体机；臭氧管组件采用抽屉式工艺结构，可以方便地更换任意一支臭氧管；采用微电脑控制，数码显示和无线电遥控，实现隔墙控制和无人值班。

② 技术参数（见表 32-67）

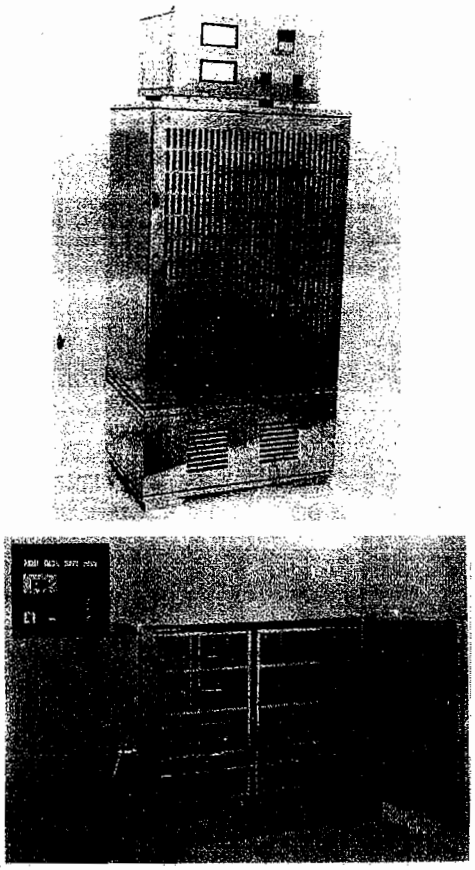


图 32-49　臭氧灭菌器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) KCF-G 系列空调净化系统臭氧灭菌器

用于空调净化系统及相应净化房间的大消毒，可替代化学熏蒸。

① 特点 采用内置式安装法。主机安装在HVAC系统的风道内，控制柜放在中央空调控制室内或就地就近安装，使用更方便；臭氧管组件采用抽屉式工艺结构，可以方便地更换任意一支臭氧管，便于检修；高压变压器采用目前最先进工艺生产，每个变压器都有专用保护电路。整机工作稳定可靠；控制柜采用微电脑集中控制，数码显示和无线电遥控，实现了隔墙、隔窗控制和无人值班。

② 技术参数（见表 32-68）

(4) KCF-L 系列其他消毒柜

利用臭氧灭菌原理，可制成各种常温消毒柜、百级灭菌柜和传递窗，用于包装材料、生产原料、工器具、工作服等多种物品的消毒。

① 特点

a. 采用先进的光子臭氧发生技术。它不同于玻璃管、陶瓷片等沿面放电技术和高频高压气隙放电技术，是与太阳光产生高空臭氧层一样的方法产生臭氧，具有天然性。

b. 不用高压也不用高频，使用 220V/50Hz 电源就能方便地产生臭氧，而且无氮氧化物产生，臭氧纯度高。

c. 应用臭氧与负离子联合净化灭菌的最新技术，提高了灭菌效率，特别为制药厂的灭菌要求，提供了更加可靠的保证。

d. 应用微电脑控制，数码显示，无线电遥控，实现了控制技术的现代化。因此，操作简单，使用方便。

② 技术参数（见表 32-69）

(5) 灭菌器结构外形（见图 32-49）

表 32-67 KCF-T 系列室内空气臭氧灭菌器主要技术参数

技术参数	KCF-T3	KCF-T5	KCF-T10	KCF-T20(20F)	KCF-T30(30F)	KCF-T50(50F)
电源电压/(V/Hz)	220/50	220/50	220/50	220/50	220/50	220/50
臭氧浓度/(μg/g)	>20	>20	>20	>20	>20	>20
臭氧产量/(g/h)	3	5	10	20	30	50
功率/kW	110	150	250	400	550	850
适用空间/m^3	60	100	200	400	600	1000
外形尺寸(长×宽×高)/mm	540×315×200	580×360×240	640×320×500	660×430×1155	660×430×1305	660×430×1455

表 32-68 KCF-G 系列空调净化系统臭氧灭菌器主要技术参数

型 号	电源电压/(V/Hz)	臭氧浓度/(μg/g)	臭氧产量/(g/h)	功率/kW	适用空间/m^3	外形尺寸(长×宽×高)/mm
KCF-G30	220/50	>10	30±10%	0.55	600	480×320×870
KCF-G50	220/50	>10	50±10%	0.85	1000	550×320×1280

表 32-69 KCF-L 系列消毒柜主要技术参数

技术参数	KCF-L500	KCF-L800	KCF-L1000	KCF-L2000	KCF-L2500
电源电压/(V/Hz)	220/50	220/50	220/50	220/50	220/50
负离子浓度/(个/cm^3)	>10^6	>10^6	>10^6	>10^6	>10^6
臭氧浓度/(μg/g)	>20	>20	>20	>20	>20
O_3 产量/(g/h)	>0.3	>0.5	>1.0	>1.5	>2.0
功率/W	85	100	120	150	200
外形尺寸(长×宽×高)/mm	700×500×1850	1100×500×1850	900×800×1850	1680×930×1900	1300×1100×2000

注：其中 KCF-L2000、L2500 可设计为百级消毒灭菌柜。以上机型均有双扉及单扉两种机型。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

9 全自动胶塞清洗机

全自动湿法超声波胶塞清洗机是制药行业制剂粉针、口服液和输液胶塞的洗涤、硅化、蒸汽灭菌和真空干燥等工序的专用处理设备。本机是根据国家最新版GMP规范和机、电、仪一体化要求进行设计、制造，主要零部件选用低碳不锈钢材料，主要配套件和电子元件选用进口产品，耐压、耐温超声波和轴承、密封件、垫片均为特殊材料及专利工艺产品。机器外形如图32-50所示。

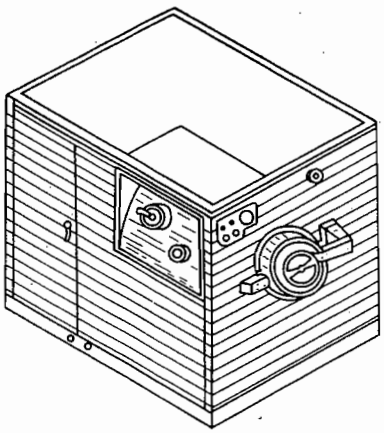


图32-50 全自动胶塞清洗机

(1) 工作原理

如图32-51所示，需清洗的胶塞由真空装置（也可人工）加入清洗桶内。加料完结后，启动主传动轴，清洗桶按顺时针方向慢速转动，胶塞在清洗桶内翻滚搅拌。这时先开通中心轴中喷淋管进行喷淋粗洗，然后开启进水阀，使清洗箱内的水充满至上水位，再开启循环水泵、超声波，使胶塞处于强力喷淋，慢速翻滚和超声波清洗等多项功能作用下被清洗干净，被清洗的脏污物从溢流槽溢流排出，清洗液从排放管排放净。如有硅化处理，则先从硅油加料口加入硅油。硅化处理后再放水。清洗液排放净后，则可向清洗箱内喷放热压蒸汽、进行灭菌，灭菌处理后，先进行抽真空干燥，以热风再加热抽真空干燥。按此重复数次，使胶塞的含水量合格后，便可进行常压化处理和出料。

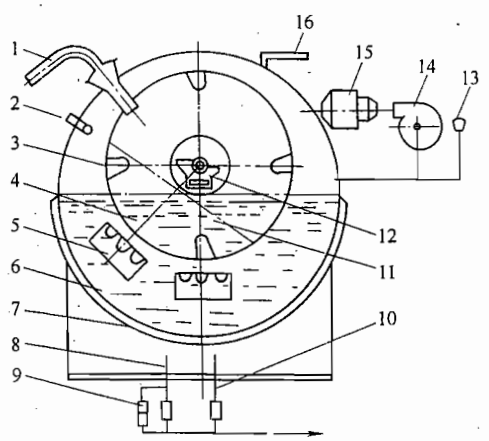


图32-51 全自动胶塞清洗机工作原理

1—进料管；2—蒸汽管；3—搅拌筋；4—清洗桶；5—超声波；6—清洗箱；7—溢流槽；8—放水管；9—疏水阀；10—溢流管；11—胶塞；12—出料器；13—呼吸阀；14—风机；15—热风器；16—真空管

(2) 技术参数（见表32-70）

表32-70 全自动胶塞清洗机主要技术参数

技术参数	型号			
	KJCS-2A	KJCS-4A	KJCS-8A	KJCS-12A
滚筒容积/L	300	560	900	1200
生产能力/(只/箱次)	20000	40000	80000	120000
主轴转速/(r/min)	0.5～10		0.5～10	
主轴功率/kW	1.5		1.5	
超声波功率/kW	1.6	2.4	4	4.8
总功率/kW	14	14	20	20
进料方式	真空吸料		真空吸料	
出料方式	自动出料		自动出料	
灭菌方法	热压蒸汽		热压蒸汽	
干燥方法	真空＋热烘		真空＋热烘	
洗涤时间/min	30			
硅化温度/℃	80～100			
灭菌温度/℃	120			
蒸汽压力/MPa	0.14			
灭菌时间/min	40			
干燥时间/min	＞60			
热风温度/℃	110～120			
控制柜外形尺寸(长×宽×高)/mm	700×350×1700			
设备外形尺寸(长×宽×高)/mm	2320×1740×1920 2520×1740×1950		2800×2000×2300 2900×2100×2300	
设备总质量/kg	2000	2500	3200	3800

10 冻干机

冻干机，全称为真空冷冻干燥机，是冷冻干燥生产过程的关键设备。它的基本原理是利用水在低温和真空状态下直接由固体升华成气体的特性，将药液在低温下冻结成固体，再在一定真空度下加热升温，使得水分升华，从而达到低温除水和干燥的目的。

由于冷冻干燥在高真空和低温条件下进行，因此药物不会发生氧化或降解，广泛适用于血浆、血清、激素、疫苗等生物制品以及抗生素的制备。

冻干机主要由以下几大部分组成：冻干机箱体、

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

导热隔板与升降压塞系统、冷凝器、真空系统、制冷系统、循环系统、在线清洗灭菌（CIP、SIP）系统、物料装卸载系统、控制系统。

(1) 冻干机箱体

冻干机箱体是一个密闭的空间，主要用于存放待冻干的物品。冻干机箱体由316L不锈钢板制成，箱体内表面粗糙度为 $R_a<0.5\sim0.8\mu m$，平整度小于±1mm/m，所有角均为圆弧结构，便于清洁。

在整个冷冻干燥过程中，冻干机箱体将要承受高真空和纯蒸汽灭菌产生的压力，故箱体本身必须有一定的强度。一般箱体耐压范围为−0.1～0.2MPa。

冻干机箱体前端开有箱门，箱门的材料、表面处理、耐压等与箱体相同。箱门的密封必须良好，以维持箱体内的真空度和温度。箱体外层采用聚氨酯发泡材料及硅酸铝隔热层。

(2) 导热隔板与升降压塞系统

导热隔板位于箱体内，用于放置待冻干物料。冻干机的生产能力一般以活动隔板的面积为准。隔板为薄型空心夹板，材料为316L不锈钢板，表面粗糙度 $R_a<0.5\mu m$，平整度小于±0.5mm/m。隔板中间通传热介质，通过加热冷却传热介质，达到控制冷冻干燥过程不同温度的目的。

导热隔板由液压控制，可自由升降。配合自动进出料装置可完成冻干过程的自动操作。另外西林瓶产品冻干完成后通过下降隔板可完成压塞过程。

导热隔板内有分布均匀的导热管，内通特殊的导热介质如硅油等。隔板要求温度分布均匀，温差在±1℃以下。

(3) 冷凝器

冷凝器主要用于排除在冷冻干燥过程中制品升华产生的水蒸气，以加快干燥过程的进行。

冷凝器有水平和垂直两种形式，冷凝器内的冷凝盘管由316L不锈钢无缝钢管制成，冷凝盘管间距以达到最大容冰量并避免互相粘连为宜。冷凝器一般位于冻干箱体的后方，冷凝器外壳上开有冷却盘管制冷剂的进出口、蒸汽进口、温度压力检测口、安全阀及凝结水、融霜水等管口以及视镜等。冷凝器与冻干箱体之间由真空阀相隔离。

(4) 真空系统

冻干过程中，箱体内除了必须保持一定的冷冻干燥温度外，还必须保证高真空度，以便抽除水蒸气和干空气，并维持冻干过程中制品升华和解吸干燥所需的真空。冻干机真空系统一般要求抽气能力大、极限真空度高。该真空系统一般由罗茨泵-旋片真空泵组成，其抽气能力（空载时）应该在20min内由大气压101.3kPa抽至13Pa以下。冻干箱的空载极限真空度为小于1Pa，整个冻干机的真空系统泄漏率应低于5Pa·L/s。为了确保真空系统长时间稳定可靠运行，一般配备两套真空泵系统。

(5) 制冷系统

制冷系统主要为箱体内的隔板和冷凝器提供冷源。其特点是温度范围宽，一般冻干箱内隔板的温度范围在−55～+70℃，而冷凝器内的盘管温度范围可达到−75～+50℃。制冷系统是整个冻干过程中能耗最大的系统。整个冻干过程，制冷机组必须保证运转正常稳定，必须保证冻干室和冷凝器内温度长期保持在低温状态。一般冻干机均配备两套以上的独立的制冷机组。

目前已有厂家开发出了液氮制冷冻干机组，采用−196℃的液氮蒸发，达到制冷目的。其最大的特点是氮气来源广，无制冷压缩机，耗电省，维修简单，不需要冷却水，冷却速度快，冷却能力高，噪声低，运行可靠。据文献记载，使1kg水结冰然后使其升华，约需19.5kg液氮。目前该设备正在逐步推广中。

(6) 循环系统

该系统主要控制冻干过程中制品温度的升降。常用导热介质为硅油或乙二醇、酒精与水混合液等。这些载热体通过冻干机的冷冻系统或电加热系统进行升温或降温，并在冻干箱隔板内循环，与冻干制品进行均匀的热量传递，从而达到传热的目的。

换热系统必须具有一定的换热效率，隔板温度控制精度要求一般要达到±1℃以下。

(7) 在线清洗灭菌系统

冻干机的在线清洗灭菌系统（CIP/SIP）是保证冻干制品无菌生产过程的重要组成部分。该系统的管道阀门均按注射用水系统标准制造，主要阀门均选用隔膜阀，管道均为316L薄壁卫生配管，卡箍连接。整个清洗灭菌过程由计算机程控，按照一定的清洗灭菌周期进行。

(8) 自动物料装卸载系统

传统冻干机的物料装卸载均靠人工完成。冻干开始阶段，冻干箱体前门打开，冻干制品由人工送入隔板。冻干结束后，打开大门，由人工卸料。由于人体是最大的微生物携带源，因此无论人体表面如何消毒、防护，对于无菌冻干生产过程而言仍然是最大的潜在污染源。而自动物料装卸载系统，可避免上述缺陷，使得冻干制品的无菌生产自动进行，可最大限度提高产品的无菌保证度。

自动物料的装卸载系统由进料站、自动层流小车（AGV）、轨道、出料站等组成。其主要工作原理如下。

来自灌装线的西林瓶进入缓冲站上，通过传输链板缓慢地送入载料台上，并由载料台上的推进器推至进料平台上。西林瓶在进料平台上按三角形码放满后，由AGV小车上的捕料框将整个平台上码放整齐的西林瓶方阵缓慢转移至AGV小车平台上，然后小车沿地面下预埋的轨道自动运动至冻干机前方。

在冻干机前侧，自动小车与冻干机进料小门对齐，然后捕料框运动，将平台上的西林瓶方阵缓慢推

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

入冻干机箱体。然后自动小车自动离开冻干机，回到进料平台处重复下一个进料周期。而冻干机内的隔板同样升高一层，等待下一批西林瓶方阵的进入。

冻干机的出料过程与上述步骤正好相反，自动小车 AGV 等待在冻干机前方，冻干机小门打开，AGV 的捕料框前伸入冻干机，将隔板上的已压完塞的西林瓶方阵缓慢拉出至小车平台上。然后小车沿轨道自动运行至出料站，将方阵转移至出料平台上并进入下一步的轧盖过程。然后小车回到冻干机前方，而此时冻干机内隔板已经下降一层，小车捕料框再伸入冻干箱体，重复上一步骤的出料过程。

采用自动物料装卸载系统的优点，除了减少无菌环境下人员的直接操作外，由于冻干机的进出料仅需开设与进料小车相对应的小门，这样冻干机整个进料过程中，冻干机内可以预先进行降温，从而缩短整个冻干周期。

整个系统的技术关键是 AGV 小车与进料站、冻干机隔板、出料站的无缝衔接，以免西林瓶的倒伏造成的损失和污染。而且整个系统的运行速度、进出料站的面积也必须与灌装、轧盖等机组的速度相匹配。另外由于 AGV 小车运行于无菌区，因此小车的轨道和受电系统必须暗藏，必须满足无菌生产区的定期清洗灭菌要求。目前比较先进的是轨道暗藏于地坪下，AGV 小车采用无线受电方式获取电力并沿轨道定位运行。

该系统的运行原理图见图 32-52、图 32-53。

常用冻干机规格参数见表 32-71。

20m² 压缩制冷冻干机参考图见图 32-54。

20m² 液氮制冷冻干机参考图见图 32-55。

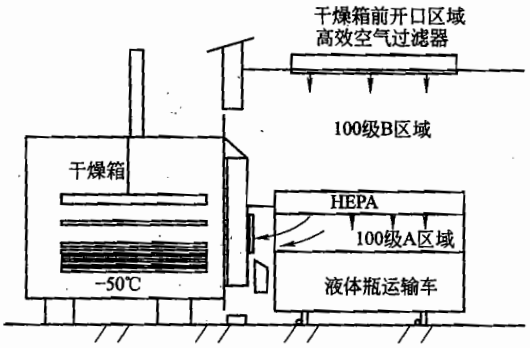


图 32-52 自动进料车原理图

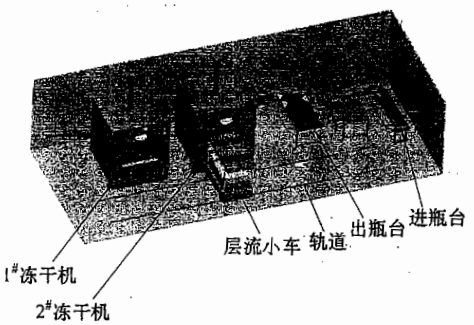


图 32-53 自动进料系统示意图

表 32-71 常用冻干机主要技术参数

型 号	0.4	1	2	3	5	7	8	10	12	13	15	20
容量												
有效隔板面积/m²	0.42	1.08	2.16	3.24	4.86	7.56	8.64	10.08	11.52	12.96	14.40	19.80
φ23mm 西林瓶/支	750	2000	4140	6120	9315	14490	16560	19320	22080	24840	27600	37950
φ16mm 西林瓶/支	1300	3250	9000	13440	20250	31500	36000	42000	48000	54000	60000	82500
2mL 安瓿瓶/支	3000	7500	17000	25000	40000	58000	70000	80000	91000	100000	110000	140000
散装溶液容量/L	8	20	40	50	80	120	130	150	180	200	240	320
冷凝器捕水量/kg	8	20	40	50	80	120	130	150	180	200	240	320
规格												
隔板尺寸(长)/mm	450	600	915	915	915	1220	1220	1220	1220	1220	1220	1220
隔板尺寸(宽)/mm	300	450	610	610	915	915	915	1220	1220	1220	1220	1220
隔板数/块	3+1	4+1	4+1	6+1	6+1	7+1	8+1	7+1	8+1	9+1	10+1	11+1
隔板间距/mm	100(可根据用户需求另选尺寸)											
隔板温度/℃	−50～+70											
冷凝器温度/℃	−70											
基础设施												
功耗(380V/50Hz)/kW	4	9	18	25	28	35	40	50	53	56	70	85
冷却水(<25℃)/(t/h)	1	2	4	5	8	12	13	15	18	20	25	35
压缩空气/[m³(标)/min]	0.1(>0.4MPa)											
外形尺寸												
长/mm	1600	2200	2600	3400	3400	4000	4000	4300	4300	4300	5000	6500
宽/mm	800	1200	1400	1560	1800	1800	1800	2200	2200	2200	2400	2400
高/mm	1800	1900	2300	3000	3000	3200	3200	3200	3300	3400	3500	3600
质量/g	1100	1400	2400	3200	4200	5200	5500	6500	7200	7500	9000	12000

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

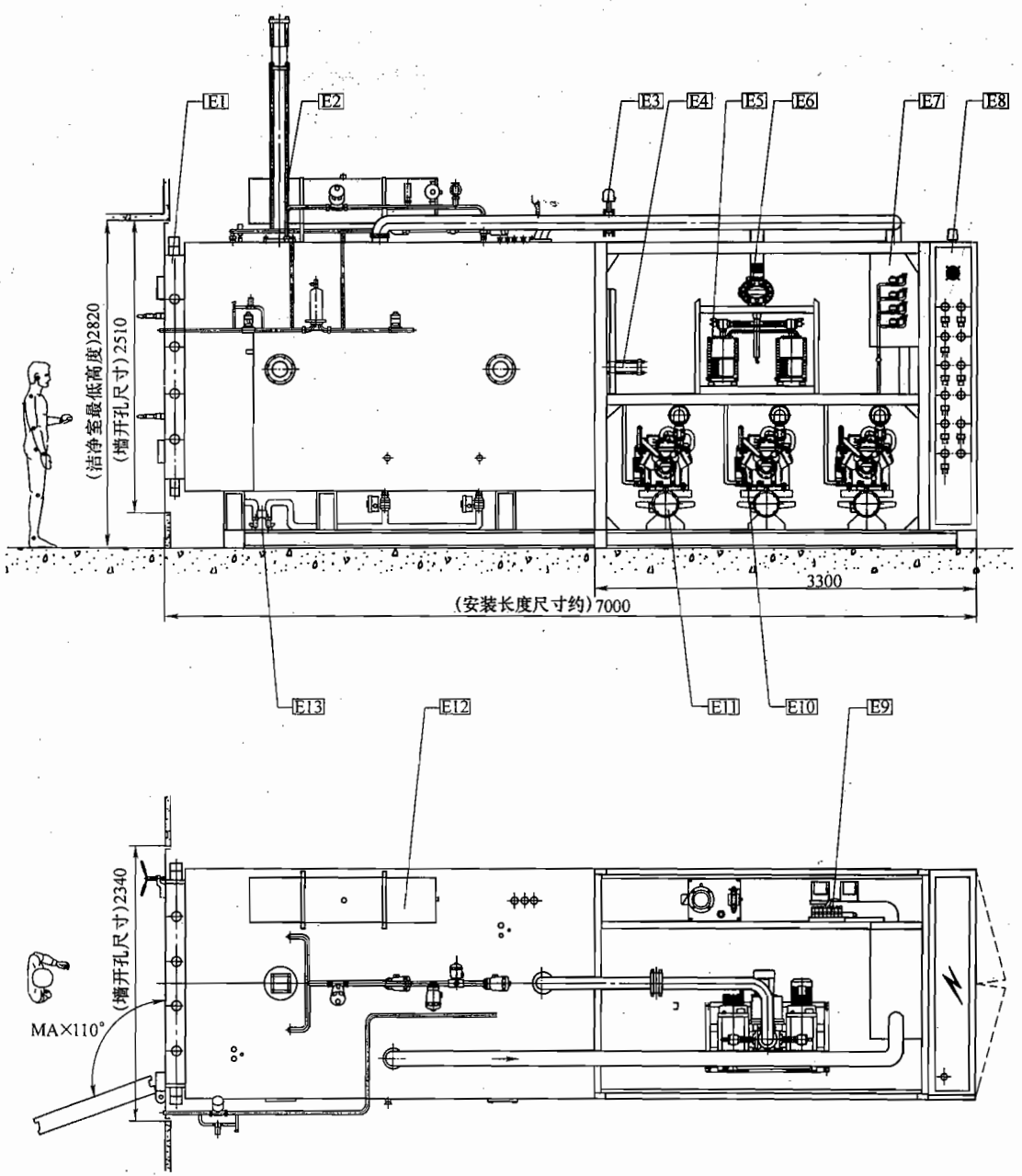
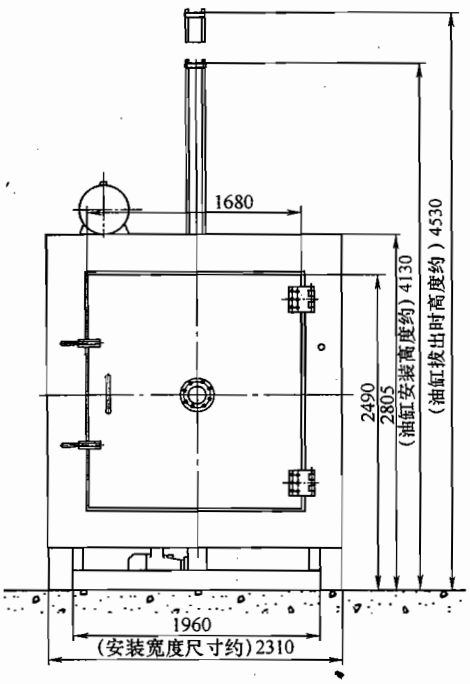


图 32-54 20m² 压缩制冷

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



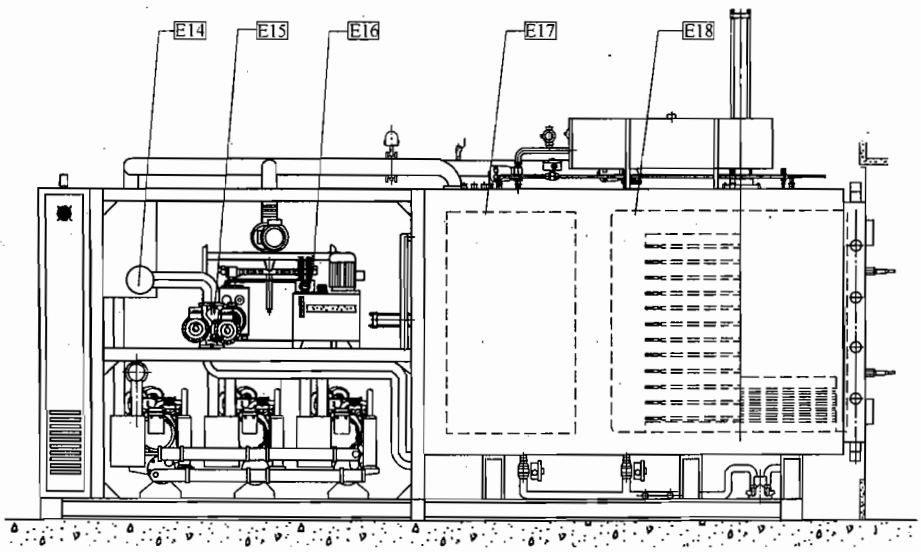
公用工程消耗表

序号	名称	消耗量	备注
1	用电总功率	101kW	380V,50Hz,3相
2	压缩机冷却水用量	≥34t/h	t≤25℃,1.5bar≤P≤2.0bar
3	SIP纯蒸汽用量	≥300kg/h	2bar≤P≤3bar
4	冷凝器化霜蒸汽用量	≥90kg/h	2bar≤P≤3bar
5	干燥箱清洗水用量	≥350L/min	t=80℃P≥5bar
6	气动阀门用压缩空气量	≥60L/min	5bar≤P≤8bar

·技术参数表

序号	名称	参数	备注
1	板层有效面积	19.73m²	
2	板层长度	1495mm	
3	板层宽度	1200mm	
4	板层数量	11+1	
5	板层间距	100mm	
6	板层表面粗糙度	R_a≤0.4μm	
7	板层平整度	+/−0.5mm/m	
8	板层温度控制范围	−55～+80℃	
9	板层降温速率	+20～−40℃≤60min	空载情况下
10	板层升温速率	1℃/min	PID控制
11	板层表面温差	+/−1℃	平衡后
12	板层最低温度	−55℃	
13	后箱降温速率	+20 ～−40℃≤30min	空载情况下
14	后箱最低温度	≤−75℃	R404A
15	最大捕冰量	400kg	
16	抽真空速率	1atm～0.1mbar≤30min	
17	极限真空度	0.01mbar	
18	真空泄漏率	0.05mbar·L/s	
19	总质量	约15200kg	

编号	数量	名称
E1	1	箱门
E2	1	压塞液压缸
E3	1	小蝶阀
E4	1	蘑菇阀液压缸
E5	2	真空泵
E6	1	罗茨泵
E7	3	板式换热器
E8	1	电器柜
E9	1	气动系统
E10	3	压缩机
E11	3	水冷冷凝器
E12	1	平衡桶
E13	1	水环泵
E14	1	电加热器
E15	1	循环泵
E16	1	液压站
E17	1	冷凝器
E18	1	干燥箱



冻干机参考图

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

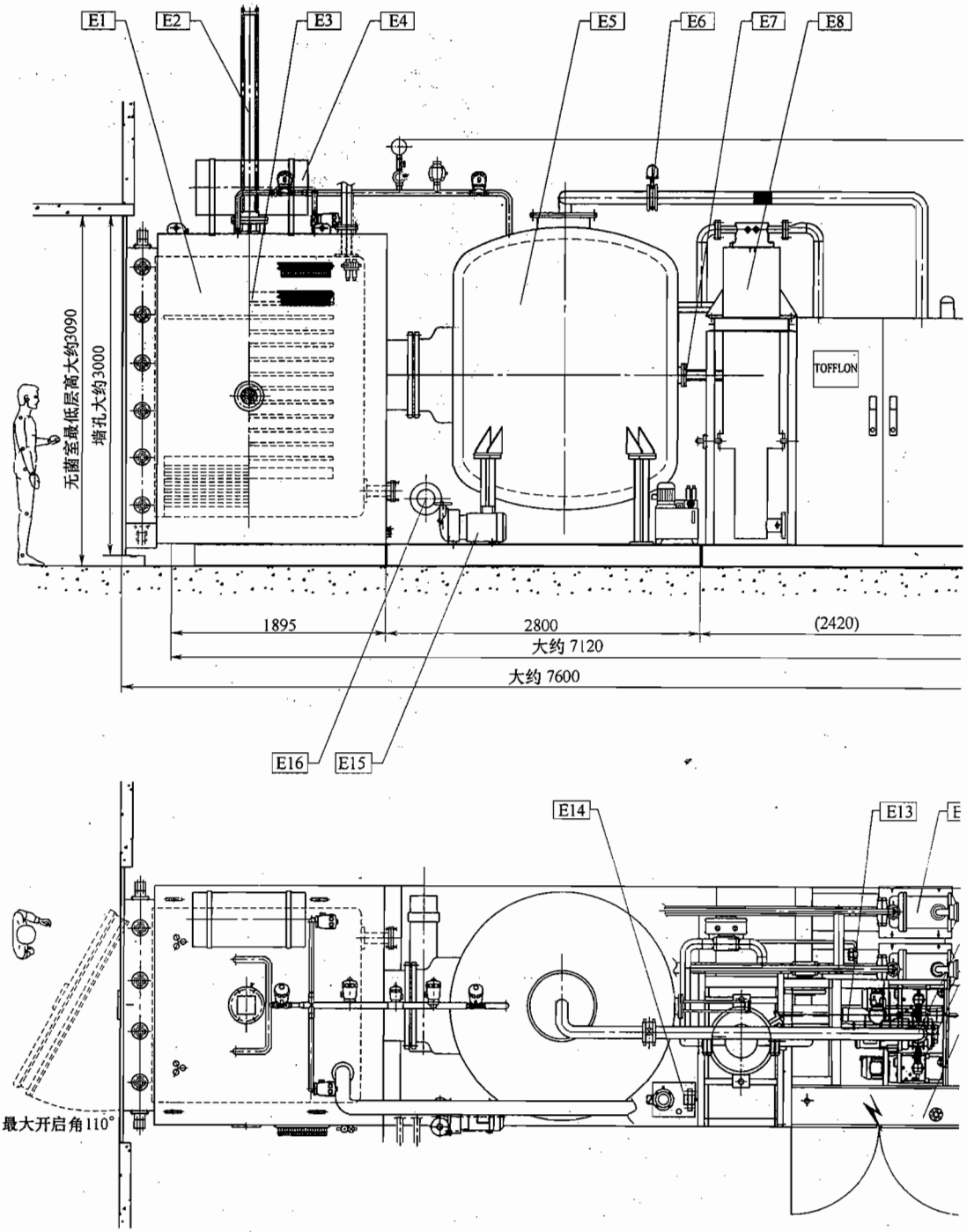
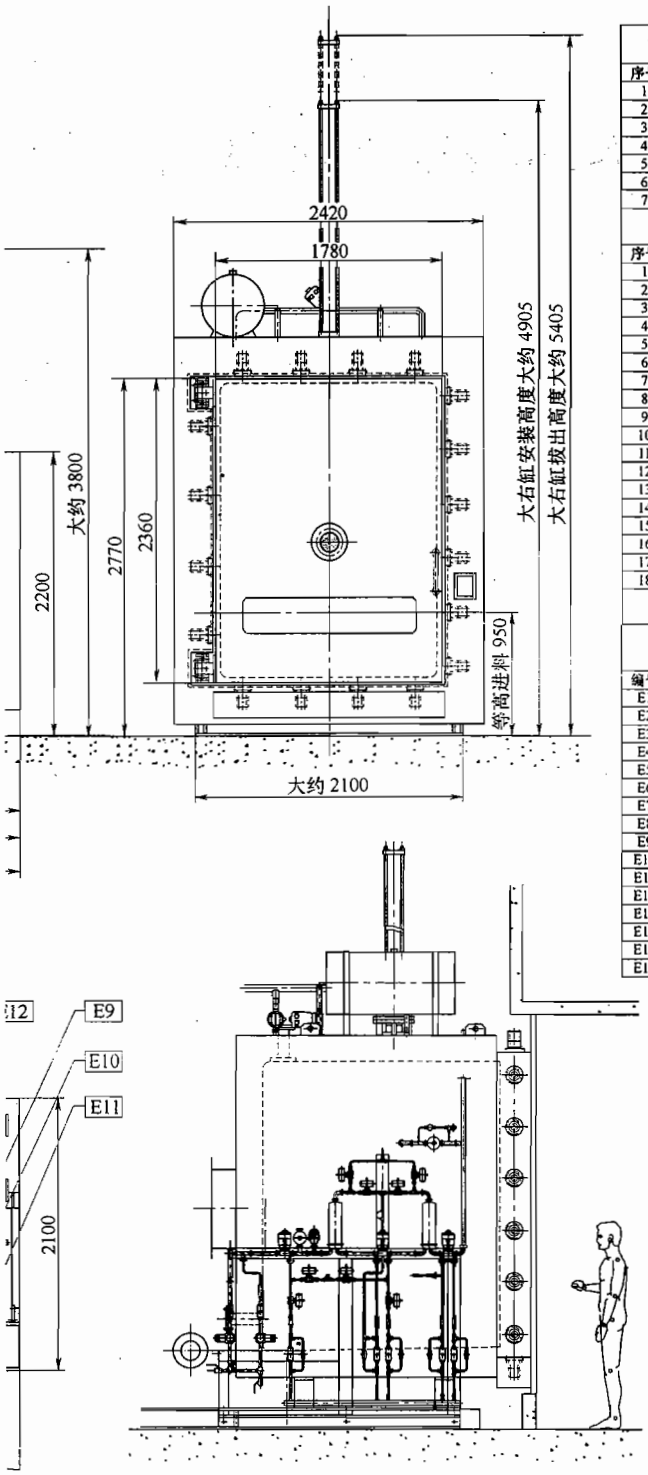


图 32-55 20m² 液氮制冷

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



冻干机参考图

公用工程消耗表

序号	名称	消耗量	备注
1	用电总功率	55kW	380V,50Hz,3 相
2	升华 1 公斤水用的氮量	20kg	供氮压力 3~4bar
3	SIP 纯蒸汽用量	300kg/batch	2.0bar≤P≤3.0bar
4	冷凝器化霜蒸汽用量	90kg/batch	2.0bar≤P≤3.0bar
5	干燥箱清洗水用量	320L/min	t=80℃，P≥5bar
6	气动阀门用压缩空气量	60L/min	5.0bar≤P≤8.0bar
7	总质量	18t	

技术参数表

序号	名称	参数	备注
1	板层有效面积	19.8m²	
2	板层宽度	1200mm	
3	板层长度	1500mm	
4	板层数量	11+1	
5	板层间距	100mm	
6	板层表面粗糙度	0.4μm	
7	板层平整度	±0.5mm/m	
8	板层温度控制范围	−60～+80℃	
9	板层降温速率	+20～−40℃≤30min	空载情况下
10	板层升温速率	1℃/ min	PID 控制
11	板层表面温差	±1℃	平衡后
12	板层最低温度	−60℃	
13	后箱降温速率	+20～−40℃≤30min	空载情况下
14	后箱最低温度	≤ −80℃	
15	最大捕冰量	400kg	
16	抽真空速度	1atm~0.1mbar≤30min	
17	极限真空度	0.01mbar	
18	真空泄露率	0.05mbar·L/s	

主要部件表

编号	数量	名称	型号规格
E1	1	干燥箱	TOFFLON
E2	1	压塞液压缸	
E3	1	板层	TOFFLON
E4	1	平衡桶	TOFFLON
E5	1	冷阱	TOFFLON
E6	1	小蝶阀	DN100
E7	1	小油缸	
E8	1	换热器	PRAXAIR
E9	1	罗次泵	EDWARDS EH500
E10	2	真空泵	EDWARDS E2M80
E11	1	电器柜	
E12	2	循环泵	海密梯克
E13	1	供氮组件	TOFFLON
E14	1	液压站	YUKEN
E15	1	水环泵	2BV2070
E16	1	电加热	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第33章 天然药物生产设备

天然药物主要包括植物、动物和矿物类药物，目前实际使用中以植物类药物入药居多。本章主要介绍植物类药物的生产设备，并兼顾其他药物的生产。

天然药物的剂型可分为直接入药和经提取加工后制成。由于各种药材的性状不一，入药的方式也不同，在选用相关的生产流程和设备时应根据实际需要，在满足生产的前提下，兼顾合理和经济性。目前天然药物的生产过程大致可分为：前处理、提取和制剂等工序，以下按生产工序介绍所需的设备。

1 前处理设备

前处理工序的目的是除去药材中的杂质、霉变部分以及非入药的部分，根据需要将药材切成一定规格的饮片，提高药材在提取过程中浸出有效成分，缩短提取的周期或适合生药材粉碎需要，或经净化灭菌粉碎成细粉，作为制剂车间的原料。

1.1 洗药机

经过挑选后的药材需进行清洗，除去黏附在药材表面的泥沙。根据被清洗的药材，可选用不同的洗药设备，主要洗药设备形式有：滚筒式、刮板式、回转滚筒式和喷淋式等，目前以滚筒式洗药机应用最普遍，其技术参数，详见表33-1，结构如图33-1所示。

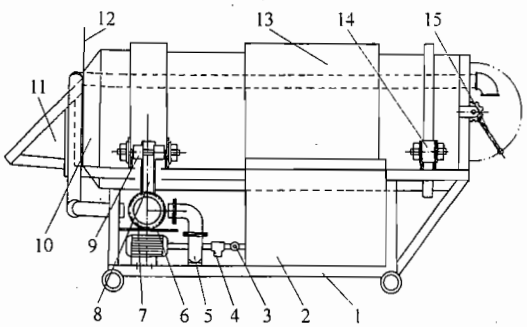


图33-1 滚筒式洗药机结构

1—机架；2—水箱；3—手轮；4—三通阀；5—水泵；6—防水罩；7—蜗杆；8—蜗轮；9—滚轮；10—滚筒；11—进料口；12—前挡板；13—喷水管；14—滚轮；15—手柄

表33-1 滚筒式洗药机技术参数示例

型 号	XY500 (XG500) (XT500)	XY720 (XG720) (XT720)	XY900 (XG900) (XT900)	XY500	XY720	XY900
生产能力/(kg/h)	100～300	300～500	800～1000	140～500	200～750	500～1200
转筒转速/(r/min)	8～12	8～12	8～12	9	9	9
冲洗时间/s	60～100	60～100	60～100	1450	2100	2600
耗水量/(t/h)	0.5～5	0.5～5	0.5～5	0.5	0.7	0.9
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2700×700×1150	2800×850×1300	3740×1070×1720	1960×600×980	2800×800×1300	3100×1100×1500
质量/kg	600～860	700～1000	900～1200	300	600	800
配套电机/kW	2.1	3.7	4.4	1.1	2.2	3
主要材料	不 锈 钢					

药材在开孔的滚筒内加入净水进行洗涤，并通过旋转和滚筒内的内螺旋导板实现自动出料。由于滚筒开有圆孔，故适合直径为大于3mm的药材。部分洗药机自带洗涤水加压泵。

1.2 浸润罐

某些干燥药材在切制前需用适量的水或乙醇浸润，使之软化、利于切制，或为了去除药材中多余的盐分及加快提取速率也采用此方法。常规的使用方法有：淋法、洗法、泡法及浸润法等，其中淋法、洗法、泡法可结合药材的洗涤完成。

浸润罐工作原理是先通过真空减压将药材组织内的气体抽出，再进行喷水或加入其他溶剂，也可根据要求通入适量的蒸汽调节至适宜的浸润温度，使水或溶剂迅速渗入药材内部，达到浸润软化目的。其技术参数示例见表33-2，结构外形参见图33-2，表33-3。

根据不同的浸润方法，浸润罐有两种安装形式，如图33-3，图33-4所示。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 33-2 浸润罐技术参数示例

型 号	全容积/m³	罐体直径/mm	设计压力/MPa	工作压力/MPa	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	电功率/kW	主要材料
RY900×2000	1.5	900	0.3	≤0.3	2560×1350×1232	1500		不锈钢
RY1000×2300	2.1	1000			2890×1560×1360	1800		
RY1200×2500	2.8	1200			3226×1700×1650	2360		
RY1200×3200	3.6	1200			3926×1700×2400	2660		
RY1000	1.2	1000			3600×1200×2950	1500	4.1	
RY1500	1.9	1500			4600×1400×3650	2000	5.4	

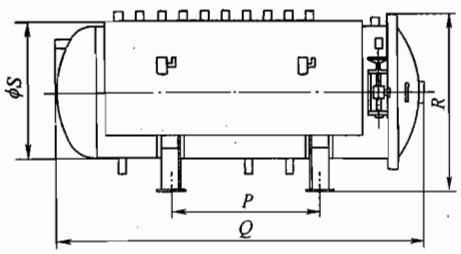


图 33-2 浸润罐外形图

表 33-3 RY 型浸润罐外形尺寸 /mm

外形尺寸	φ1200×3200	φ1200×2500	φ1000×2300	φ900×2000
R	1520	1520	1360	1232
P	2400	1650	1620	1330
Q	3926	3226	2890	2560
φS	φ1200	φ1200	φ1000	φ900

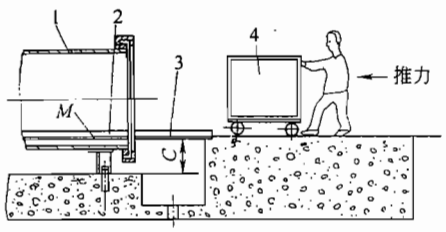


图 33-3 采用浸润车浸润时的安装示意
1—锅身；2—内轨道；3—过桥；4—罐车
M—内导轨面

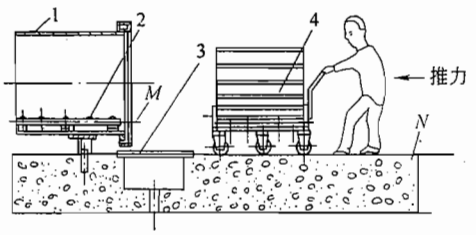


图 33-4 采用层叠式浸润筐时的安装示意
1—锅身；2—内轨道；3—过桥；4—罐车；
M—内导轨面；N—地平面

表 33-4 炒药机技术参数示例

型 号	QYJ2-700	GY 型	CY550	CY800	CZY-700
生产能力/(kg/h)	50～200	50～240	50～200	100～300	50～200
耗油量/(kg/h)	10		5～7		2.5～6
耗液化气量/(kg/h)			或 3.5	或 5.5	
耗煤量/(kg/h)			1	2	
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1710×1270×2340	2080×1280×1400	1850×1150×1600	1850×1500×2100	1710×1300×2350
质量/kg	1000	600～1750	500	700	850
配套电机/kW	2.4	2.2	1.5	2.2	2.4
主要材料	不锈钢				

注：炒药机可选用的加热方式，订货时予以说明。

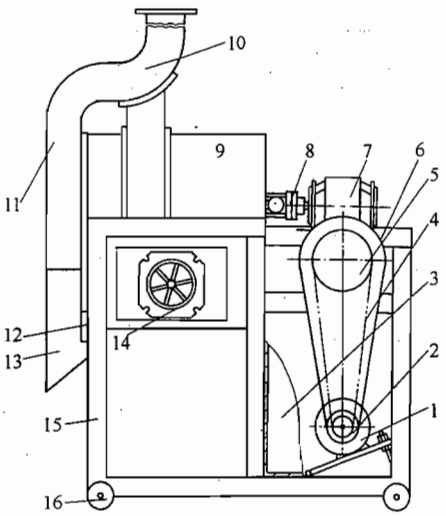


图 33-5 QYJ2-700 型滚筒式燃油炒药机
1—电动机；2—小带轮；3—油箱；4—三角胶带；
5—大带轮；6—皮带盘罩壳；7—蜗轮减速箱；
8—万向联轴器；9—滚筒；10—三通烟囱口；
11—集尘口；12—滚轮；13—出料口；
14—燃油器；15—支架；16—脚轮

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.3 炒药机

部分中药材使用时，需要对其进行炮制，以改变或降低某一方面的药性、适应配伍。炒药机可对药材进行炮制，根据使用的热源不同，分为电热型、液化气、燃油型和烧煤型等，燃油型的一般使用0号柴油。

炒药机结构如图33-5所示，技术参数见表33-4。

1.4 切药机

药材切制成不同规格的饮片或颗粒，可便于药材的提取。特别是在动态提取时，对药材颗粒的要求更为严格。切药机的结构型式和用途参见表33-5，可根据被切药材的性能不同进行选用。切药机一般适合对草、叶及有韧性的植物根、茎进行粉碎。不同型式切药机的技术参数见表33-6～表33-11，图33-6、图33-7。

表33-5 切药机的结构型式及其用途

结构型式	适用的药材	不适用的药材
旋转式	根、茎、藤、叶、草、果实等	
转盘式	根、茎、叶、草、皮，块状、果实等	
往复式	茎、藤、叶、全草、皮，大部分根、果实、种子等	
剁刀式	一般根、茎、全草等	颗粒类药材
直切式	根、茎、藤类等纤维药材	
多功能	茎、藤、叶、全草、皮，大部分根、果实、种子等	

表33-6 旋转式切药机技术参数示例

型号	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	配套电机/kW	主要材料
QYJ2-100-200	～1000	2150×800×1080	450	3～4	碳钢不锈钢
ZQJ-100	50～300	1800×550×1050	350	3.0	
ZQ120-2	60～500	1400×660×1300	350	3.0	
Y120-3～4，QY14-4，QY160-4	60～90～600～900	1500×(700～750)×(1076～1115)	560～620	3.0	

1.5 粉碎机

直接入药的药材通过粉碎制成一定规格的原药细粉。按照药物生产管理规范，对直接入药细粉的菌落数有一定的要求，这部分药材在粉碎前需经清洗灭菌，粉碎环境及人物流也需按净化要求予以设置。

表33-7 转盘式切药机技术参数示例

型号	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	配套电机/kW	主要材料
XQY100-3	60～600	1456×766×1068	600	1.5	碳钢不锈钢
ZQY380	60～800	1600×800×1100	600	3.0	
QYZ100A	150～300	1850×670×1000	300	3.0	
QYJ2-100	200～600	2000×800×1050	450	3.0	
QYJ2-200	500～1000	2150×800×1150	500	4.0	

表33-8 剁刀式切药机技术参数示例

型号	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	配套电机/kW	主要材料
QWL 130	20～80	700×500×500	210	1.1	钢不锈钢
QWL 240	25～160	1000×500×920	430	2.2	
D74-10B	150～500	1800×700×1100	1000	3.0	

表33-9 往复式切药机技术参数示例

型号	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	配套电机/kW	主要材料
WZQY320	50～400	1750×1100×1450	600	1.5	钢不锈钢
WQY240	80～800	1700×800×1100	700	3.0	
WQJ-200	80～500	1800×620×980	450	2.2	

表33-10 直切式切药机技术参数示例

型号	生产能力/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	配套电机/kW	主要材料
QWJ200B	150～400	1500×800×1000	500	2.2	钢不锈钢
QY1-200	200～500	1550×780×950	500	2.2-6	

粉碎主要是借助机械力将大块固体物质碎化为适当程度的一种操作过程。

在被粉碎的药材中，为了使粉碎彻底，一般在粉碎前，需对动、植物性药材进行一定的干燥，使之具有一定的脆性，便于粉碎。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 33-11 多功能切药机技术参数示例

型 号	QYJ-50多功能切片机	QYJ-5斜直二用切片机	QYD100Ⅲ多功能切片机	DQY320多功能切片机	WQ-300切断机
生产能力/(kg/h)	10～50	50～100	20～200	50～200	30～500
外形尺寸(长×宽×高)/mm	600×340×550	700×550×840	1000×700×1000	800×560×800	1680×1250×1620
质量/kg	80	130	180	85	900
配套电机/kW	0.55	1.1	1.5	0.75	1.1
切制原理	三个形状不一进料口	斜、直两种进料口	一种斜进料口	不同角度斜进料药口	曲柄滑块、四连杆间隙进给机构
饮片形状	正片、斜片	正片、斜片	斜片	正片、斜片、瓜子片	片、块、颗粒
材料	钢 不锈钢				

注：该机型设置不同角度的进料口，并在刀盘和刀架的配合下，切制成不同形状的饮片，一般用于有一定外形要求的饮片切制。

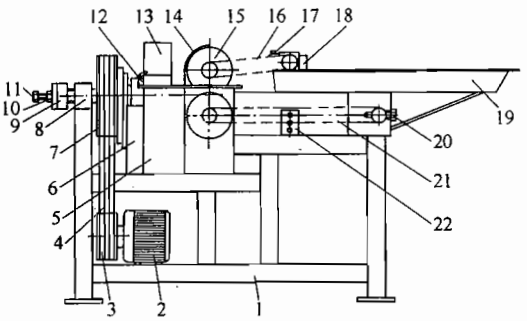


图 33-6 QYJ2-100型和QYJ2-200型转盘式中药切片机

1—机架；2—电动机；3—小带轮；4—三角胶带；5—减速箱；6—被动轴；7—刀盘驱动机构；8—主动轴轴承；9—调节螺母；10—小螺母；11—顶头螺钉；12—变速手柄；13—刀盘防护罩；14—齿轮防护罩；15—传动齿轮；16—上输送链；17—上输送链紧固螺母；18—上输送链调节螺钉；19—进料盘；20—下输送链调节螺钉；21—下输送链；22—电器按钮开关

(1) 破碎机

破碎机是利用特制的钢板制成碰板，经相互运动将物料粉碎，比较适合粉碎贝壳类、矿物类等硬度较大的物质。其技术参数示例见表33-12。

(2) 锤片式粉碎机

用特制的钢材制成挡板，通过快速的旋转，对颗粒进行锤击，使之粉碎，适合粉碎脆性物料。在其底部设置筛网，粉碎时细颗粒通过筛网，粗颗粒受到筛网的阻挡继续留在粉碎机内部，直到粉碎到一定的细度。其技术参数示例见表33-13，结构如图33-8所示。

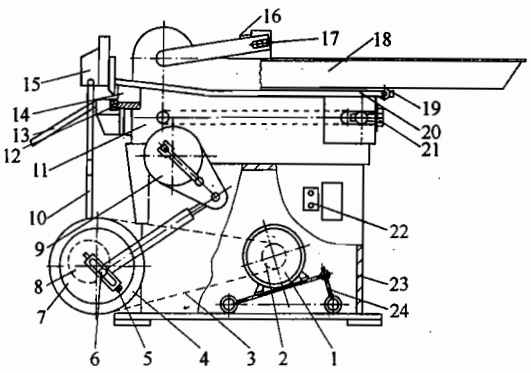


图 33-7 QYJ1-200型直切式中药切片机示意图

1—电动机；2—小带轮；3—三角胶带；4—大带轮；5—偏心调节螺钉；6—偏心调节螺母；7—甩心盘；8—偏心轮；9—五星轮；10—叉架杆；11—转动齿轮；12—砧板；13—出料斗；14—出料口；15—刀架体；16—上输送链紧固螺钉；17—上输送链调节螺钉；18—料盘；19—撑杆调节螺钉；20—刀架撑杆；21—下输送链调节螺钉；22—按钮开关；23—机壳；24—电动机底板调节螺钉

表 33-12 破碎机技术参数示例

型 号	BYJ-20(125)
生产能力/(kg/h)	120～240
进料颗粒尺寸/mm	<80
出料颗粒尺寸/mm	3～18
外形尺寸(长×宽×高)/mm	750×450×990
质量/kg	250
配套电机/kW	3.0
主要材料	耐磨钢、不锈钢

表 33-13 锤片式粉碎机技术参数示例

型 号	C100～FC350	250A	ZF-60～ZF-350
生产能力/(kg/h)	1～120	70	20～350
进料颗粒尺寸/mm	<12	<12	<12
出料颗粒尺寸/mm	20～200	200	20～350
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(485×186×375)～(1890×1014×910)	890×990×1370	(800×800×1300)～(600×1000×1300)
质量/kg	25～1000	350	150～380
配套电机/kW	0.37～25	5.7	2.2～7.5
主要材料	耐磨钢、不锈钢		耐磨钢、不锈钢

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

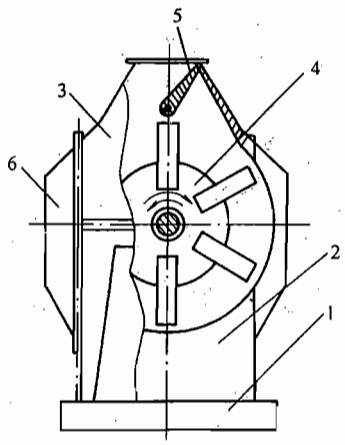


图 33-8 锤片式粉碎机

1—底座；2—下机壳；3—上机壳；4—转子；5—进料导向机构；6—操作门

(3) 柴田式粉碎机

其工作原理是利用运动的转子对药材进行碰撞、粉碎，是一种对植物类药材粉碎效果较好的粉碎机，适用范围广，生产能力大。主要缺点是在运作过程中，噪声较大，粉尘散发较多。目前使用的设备上加装由旋风分离和布袋除尘组成的二级除尘装置，及螺旋加料装置和管道气流输送等，在一定程度上可改善操作环境。同时某些设备加装分级筛，使较大的颗粒自动回到粉碎机中再粉碎。还有的厂家开发了带水冷装置的粉碎机，使它的适用面更广。药材在粉碎前需要先制成小颗粒。其技术参数示例见表 33-14。

表 33-14 柴田式粉碎机技术参数示例

型　号	SF400	FZ400	ZKF-200	ZKF-400	ZKF-600
生产能力/(kg/h)	30～80	25～180	20～200	40～400	60～600
进料颗粒尺寸/mm	<12	<12	<12	<15	<20
出料颗粒尺寸/目	40～120	40～120	10～200	10～300	10～400
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2800×1500×3500	3000×2000×3900			
质量/kg	800	1800	800(平地)/1300(架台)	2400(平地)/3000(架台)	000(平地)/3700(架台)
主机功率/kW	22	23.5	7.5	18.5	30
主要材料	不锈钢				

注：此粉碎机根据安装要求，分为平地安装和架台安装。总的设备安装功率根据所选用的配套设备不同进行调整。以上设备的外形尺寸包括旋风分离器、布袋除尘器等。

以上三类粉碎机机械部件易磨损，产热量也大，在使用时应经常保持运转部件良好的润滑状态。此类粉碎机不太适合热敏性药材的粉碎，如温度对被粉碎的物料有较大的影响时，则需增添冷却措施。

(4) 球磨机

在球磨机的筒体内装有金属或非金属材料的球、棒、段等磨介以及待研物料，通过筒体的振动，使筒体内的磨介与物料发生碰撞、使之粉碎，适用范围广。改进过的振动磨粉碎机可将物料粉碎成微米级的细粉，其技术参数示例见表 33-15。

表 33-15 球磨机技术参数示例

型　号	BFM-6	BFM-100	BM-100
公称容积/L	6.3	100	100
装料量/L	1.2	20	连续化
出料颗粒尺寸/μm	300Me～3μm		
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1130×820×1500	2335×1720×2590	3500×1800×2300
质量/kg	480	2600	2960
电机功率/kW	0.75	15	11
主要材料	不锈钢		

球磨机的筒体应有适当的转速，以保证里面的磨介能够沿筒壁运行到最高点落下，可对待研物料产生最大撞击作用，使粉碎效果在最佳状况。

能使圆筒内磨介从最高点落下时的筒体最大转速为临界转速，可根据磨筒内径（D）计算求得：

临界转速：$N=42.3/D^{1/2}$（N—r/min；D—m）

在对球磨机进行选型时应注意以下几点。

① 圆球直径不应小于65mm，应大于被粉碎药物的4～9倍。

② 圆筒内装圆球的体积数约占罐全容积的30%～35%。

③ 如果是用作湿法粉碎，投入药物一般为圆筒体积的1/4～1/3，加入水约为投入药物量的1倍。

此类设备适用于粉碎结晶性或脆性物料。由于磨筒为封闭系统，能达到清洁、无尘要求，常用于对有毒药材、贵重药材、吸湿性药材或有刺激性药材的粉碎。但粉碎时间较长，耗能大，清洗也较麻烦。

1.6 气流粉碎机

气流粉碎是通过高速气流带动物料使其相互碰撞，以达到破碎效果。根据物料在高速气流腔体内运动方式不一样，分为流化床粉碎和超音速气流粉碎。由于物质在高速气流中发生剧烈碰撞，被粉碎的物料可达到微米级，常被用做粉碎度要求较高物料的粉碎。但进入此类粉碎机的物料一般先要进行粗粉碎（一般要求为20～100目），才能达到较好的粉碎

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

效果。

由于气流粉碎机在压缩气体膨胀时的冷却作用，适用于热敏物料的粉碎。对于易氧化物料可以通过使用惰性气体达到粉碎目的，也可以通过对空气的处理进行无菌粉碎。

控制进料速度和保持均匀性是粉碎的关键。其缺点是单位时间产量不高，气流撞击噪声较大，一般比较适合于精细粉碎。

表 33-16　流化床气流粉碎机技术参数

型　号	YF-26	YF-40	YF-60	YF-72	F200～F600 系列
生产能力/(kg/h)	50～200	80～380	200～500	400～1000	5～1000
进料颗粒尺寸/目	100～325				80～400
出料颗粒尺寸/μm	2～15				0.1～10
空气耗量/(m^3/min)	6	10	20	40	
外形尺寸(长×宽×高)/mm					(4500×3500×4500)～(5000×4500×5000)
质量/kg					2000～5000
总功率/kW	57	88	176	349	50～1000
主要材料	不锈钢				

(1) 流化床气流粉碎机

由粉碎喷嘴、粉碎室、分级转子、螺旋加料器等组成，粉碎室是一个直立的腔体。物料由腔体的下方进入粉碎室，并在高压空气作用下，相互碰撞，被粉碎的物料随着气流进入上方的分级室。较粗的粒子返回粉碎室继续粉碎，细小的颗粒随着离心力的作用进入旋风分离器被收集，尾气由布袋除尘器过滤。其技术参数见表 33-16，工艺流程如图 33-9 所示。

(2) 超音速气流粉碎机

其粉碎室是一个卧式腔体。当粉碎原料进入粉碎室时，通过数个粉碎喷嘴喷射超音速气流，使物料相互碰撞和摩擦，较粗的颗粒返回粉碎室继续粉碎，最后通过旋风分离器的出料口可得到细度一致的超微细粉，尾气由布袋除尘器过滤。超音速气流粉碎机的工艺流程和安装示意如图 33-10、图 33-11 所示，技术参数示例见表 33-17。

表 33-17　超音速气流粉碎机技术参数示例

型　号	QYN-200	QYN-400	QYN-600
生产能力/(kg/h)	30～100	100～300	300～600
进料颗粒尺寸/目	100～325		
出料颗粒尺寸/μm	5～45		
空气耗量/(m^3/min)	6	10	20
总功率/kW	40	70	140
主要材料	不锈钢		

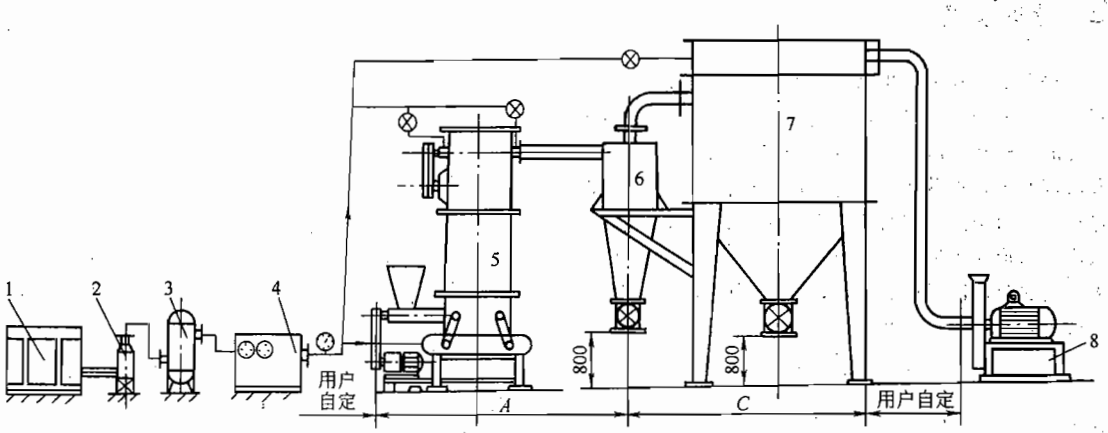


图 33-9　YF 型流化床气流粉碎机工艺流程

1—压缩机；2—后冷却器；3—储气罐；4—冷冻去湿机；5—粉碎机；6—旋风分离器；7—布袋除尘器；8—引风机

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

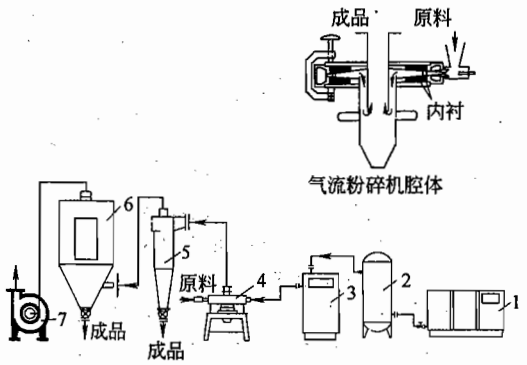


图 33-10 超音速气流粉碎机工艺流程
1—空压机；2—储气罐；3—空气去湿机；
4—QYN 超音速气流粉碎机；5—旋风分离器；
6—布袋除尘器；7—引风机

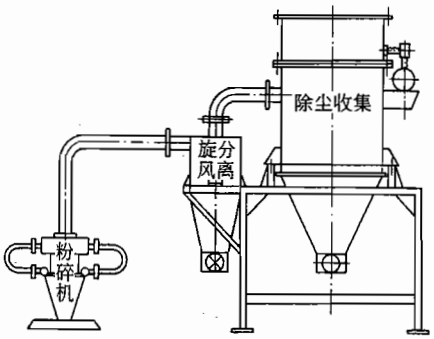


图 33-11 QYN 系列气流粉碎机安装示意
空气压缩机，冷冻除湿机，高压引
风机安装位置根据用户要求而定

2 提取设备

提取是将药材浸入水或溶剂中，通过加温或加压将有效成分浸出。整个提取过程可分为：浸润、有效成分的溶解和扩散。其中浸润和溶解与所使用的药材及溶剂有关，扩散和置换与选用的设备有关。在扩散过程中，由于浸出溶媒溶解有效成分后所具有较高的浓度，而形成扩散点（区域），不停地向周围扩散其溶解的成分，以平衡其浓度，称之为扩散动力，可用扩散公式（33-1）说明。

$$ds=-DF\frac{dc}{dx}dt \qquad (33\text{-}1)$$

式中 ds——dt 时间内的扩散量；
$-$——扩散趋向平衡时浓度的降低；
D——扩散系数；
F——扩散面积，可用药材的粒度代表；
$\frac{dc}{dx}$——浓度梯度；
dt——扩散时间。

扩散系数 D 可由试验按式（33-2）求得。

$$D=\frac{RT}{N}\times\frac{1}{6}\pi\gamma\eta \qquad (33\text{-}2)$$

式中 R——气体常数；
T——热力学温度；
N——阿伏伽德罗常数；
γ——扩散物质分子半径；
η——黏度。

由以上公式可以看出，在 dt 时间内的扩散值 ds，与药材的粒度，扩散过程中的浓度梯度和扩散系数成正比。在浸出过程中，这些数值还受一定的条件限制。F 值与药材的细度有关，但不是越细越好，应取决于在提取过程中药材是否会糊化，过滤是否能正常进行。因此 dc/dx 是其关键，保持其最大值，提取将能很好地进行。从理论上而言，循环提取和动态提取等的主要的目的都是为了提高 dc/dx，但在实际选用时，还应从被提取药材的特性，所选用设备的造价、设备的利用率等多方面考虑，即做到技术和经济的合理性。

如果是采用多次浸渍法：

$$r_m=x[a^m/(a+n)(2a+n)^{m-1}]$$

式中 r——药渣吸液所导致的成分损失量；
m——浸渍次数；
x——药材成分总浸出量；
n——每次分出浸出量；
a——药渣吸液量。

按照提取设备的特性可分为：单级浸出提取器、多级浸出提取器和连续浸出提取器。

(1) 单级浸出提取器

主要包括单级热回流浸出（索氏连续提取）装置、单级温渗法提取装置、单级循环浸渍提取装置等。

(2) 多级浸出提取器

主要包括简单多级共流提取装置、半逆流多级提取装置等。

(3) 连续浸出提取器

由于连续浸出提取器对物料和工艺要求较严，一般仅适合于药材有效含量稳定、工艺流程和参数较固定的提取，其主要方法有：U形螺旋式提取器、U形拖链式提取器、螺旋推进式提取器、肯尼迪式连续逆流提取器、平转式连续提取器、伯尔曼式连续提取器、履带式连续提取器、鲁奇式连续提取器、米阿格筐篮传送带式连续提取器、千代田式L形连续提取器等。

按照提取工艺特点，大致可分为以下几个典型的类型：单级间隙、单级回流温浸、单级循环、多级连续逆流和提取浓缩一体化等工艺。

(1) 单级间隙

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

是将药材投入提取设备中，放入一定量的水或溶剂，常温或保温进行提取，等一批萃取好以后，再进行下一步的提取。其优点是工艺和设备较简单，造价便宜，适合各种物料的提取。缺点是提取时间长，提取强度也差。

(2) 单级回流温浸

与单级间隙提取工艺类同，只是在提取设备上加装冷凝（却）器，使提取液的蒸汽通过冷凝（却）器回流至提取设备，可以使提取过程在温度比较高的过程中进行，也可进行芳香油的提取。

(3) 单级循环

增加一台提取液循环泵，在提取过程中，通过料液的循环，增加提取设备中药材和提取液的浓度梯度，使药材内部的物质向提取液转移速度加大。其优点是能提高提取强度及设备的利用率。在循环液中药材颗粒含量较多的情况下，循环泵的选型宜采用开式或半开式叶轮的离心泵较好，主要是防止药渣对叶轮的堵塞。

(4) 多级连续逆流

由多台单级循环提取罐组成，主要原理是新鲜的水或溶剂加入最后一步需提取的罐中，提取液由最新投料的罐出来，这样能保证在提取过程中，提取液能在最大的浓度梯度中进行提取，并可使提取连续化。适合较大规模的生产，提取强度也大。缺点是设备投入较大，系统较复杂，由于每次所切换阀门不一样，工人操作技术难度也较大。

(5) 提取浓缩机组

将提取系统与浓缩系统合为一体。其优点是占地少、节省能源，蒸发的冷凝液可作为新鲜的提取液进入提取设备，故提取可以很完全，节省能源。缺点是由于是一台提取设备自带一台蒸发器，设备的互相利用率较差。

在浸渍过程中还可根据需要进行加压。

2.1 提取设备

目前应用较多的提取设备有渗漉罐，直筒式、斜锥式、搅拌式提取罐和提取浓缩机组等。

(1) 渗漉罐

渗漉是一种静态的提取方式。一般用于要求提取比较彻底的贵重或粒径较小的药材，有时对提取液的澄明度要求较高的也用此法，提取液一般是有机溶媒居多。在提取前往往是先将药材进行浸润，以加快溶剂向药材的渗透，同时也可防治在渗漉过程中料液产生短路现象而影响收率，也能缩短提取的时间。其主要缺点是整个生产周期较长，有时需要几天。

渗漉罐分为直筒式和圆锥形两种，圆柱形渗漉罐因膨胀性的粉末在渗漉过程中易造成堵塞，故粉末药材不适宜用此类型罐。一般常用圆锥形渗漉罐进行生产，渗漉罐的外形尺寸一般可根据生产的实际需要向制造厂定制，技术参数示例见表33-18。

表33-18 渗漉罐技术参数示例

公称容积/m³	外形尺寸(直径×高)/mm
0.5	800×2500
1.0	1000×2500
1.5	1000×3500
2.0	1200×3300
3.0	1400×3800

注：1. 主要材料为不锈钢。
2. 制造厂：温州市中制药机械设备厂。

(2) 直筒式提取罐

直筒式提取罐是比较新颖的提取罐。其最大的优点是出渣方便，缺点是对出渣门和气缸的制造加工要求较高，故直筒体的直径限于1300mm以下，对于体积要求大的，不适合选用此种形式的罐。其结构如图33-12所示，技术参数示例见表33-19。

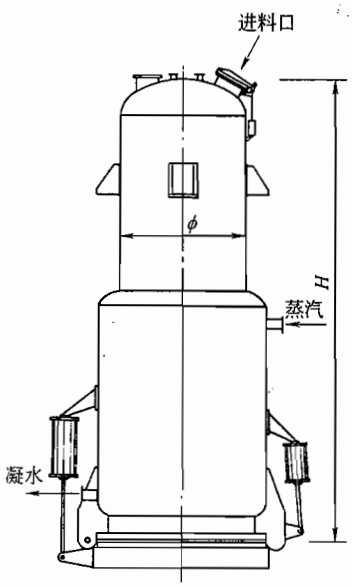


图33-12 直筒式提取罐

表33-19 直筒式提取罐技术参数示例

公称容积/m³	罐体尺寸(直径×高)/mm	罐体质量/kg	设计压力/MPa		设计温度/℃	
			罐体	夹套	罐体	夹套
0.5	ϕ900×1200	650	0.15	0.3	127	143
1.0	ϕ900×2850	790				
2.0	ϕ1100×3250	1350				
3.0	ϕ1100×4450	1620				
	ϕ1300×3550	1870				
4.0	ϕ1300×4400	2100				
5.0	ϕ1300×7150	2880				
6.0	ϕ1300×6150	3050				
主要材料	不锈钢					

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 斜锥式提取罐

斜锥式提取罐是目前常用的提取罐，制造较容易，罐体直径和高度可按要求改变。缺点是在提取完毕后出渣时，有可能产生搭桥现象，在罐内加出料装置，通过上下振动可帮助出料。其技术参数示例见表33-20、表33-21，外形结构如图33-13所示。

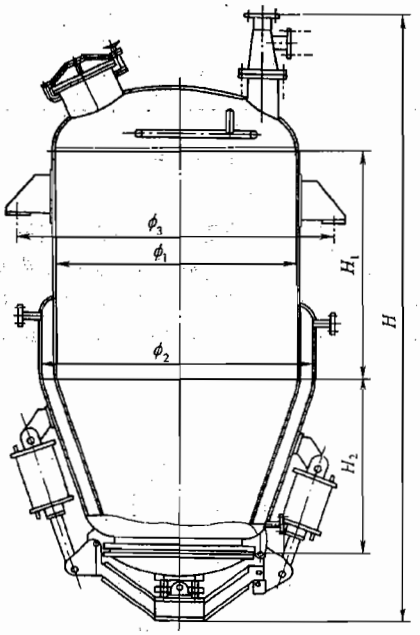


图33-13 斜锥式提取罐

表33-20 斜锥式提取罐技术参数示例

公称容积/m³	罐体尺寸(直径×高)/mm	罐体质量/kg	设计压力/MPa		设计温度/℃		主要材料
			罐体	夹套	罐体	夹套	
1.0	φ1100×2600	820	0.15	0.3	127	143	不锈钢
1.5	φ1100×2900	900					
2.0	φ1100×360	1350					
3.0	φ1500×3200	1450					
4.0	φ1500×4000	1550					
5.0	φ1700×4200	1950					
6.0	φ1700×4700	2100					
8.0	φ1900×4700	3500					

表33-21 几种常用斜锥式提取罐主要尺寸

/mm

公称容积/m³	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	H_1	H_2	H
1.0	1000	1100	1300	1100	450	2600
3.0	1400	1500	1730	1500	1000	3800
6.0	1800	1900	2270	1500	1200	4700

注：由于各生产厂家设备的主要尺寸不尽相同，此尺寸仅供参考。

(4) 搅拌式提取罐

在提取罐内部加搅拌器，通过搅拌使溶媒和药材表面充分接触，能有效提高提取强度，减少提取时间，更大地发挥设备的使用率。缺点是造价较高，对某些容易搅拌粉碎和糊化的药材不适宜。其底部放料口形式有两种：一种是用气缸的快开式排渣口，当提取完毕药液放空后，再开启此门，将药渣排出，这种提取形式对药材颗粒的大小不是很严格；另一种为固定式管道出料口，当提取完成后，药液和药渣一同排出，通过螺杆泵送入离心机进行渣液分离，这种提取方法对药材的颗粒度大小有一定的要求，不能太大或太长，否则通过浸泡，会引起药渣的体积变大，造成出料口的堵塞。

技术参数见表33-22、表33-23，结构如图33-14所示。

表33-22 搅拌式提取罐技术参数示例

公称容积/m³	1	2	3	5	6	10
实际容积/m³	1.2	2.5	3.5	5.2	6.0	10.3
加热面积/m²	2.8	4.2	5.5	6.2	7.0	10.0
加料口直径/mm	300	400	400	400	400	500
搅拌转速/(r/min)	60					
排渣门直径/mm	800	800	1000	1200	1200	1200
外形尺寸(直径×高)/mm	1000×3000	1300×3850	1400×4650	1600×4500	1800×4500	2000×4500
质量/kg	1800	2050	2400	3025	3425	4800
配套电机/kW	2.2	4	5.5	11	11	11

表33-23 几种常用搅拌式提取罐主要尺寸

/mm

公称容积/m³	0.6	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0	10.0
ϕ_1	800	1000	1300	1400	1600	1800	2000
ϕ_2	900	1100	1400	1500	1700	1900	2100
ϕ_3	1080	1330	1630	1730	2070	2150	2510
H_1	300	300	350	400	400	400	430
H_2	1200	1100	1300	1500	1500	1500	2200
H_3		470	1000	1000	1200	1200	1200
H	2500	3000	3850	4650	4500	4500	6400
备注	直筒式	斜锥式	斜锥式	斜锥式	斜锥式	斜锥式	斜锥式

注：由于各生产厂家设备的主要尺寸不尽相同，此尺寸仅供参考。

(5) 提取浓缩一体化

提取罐与循环式蒸发器合为一体组成一个单元操作系统，由蒸发器蒸出的热冷凝液可作为新鲜溶剂加入提取罐中，使药材的提取更为彻底。技术参数见表33-24。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

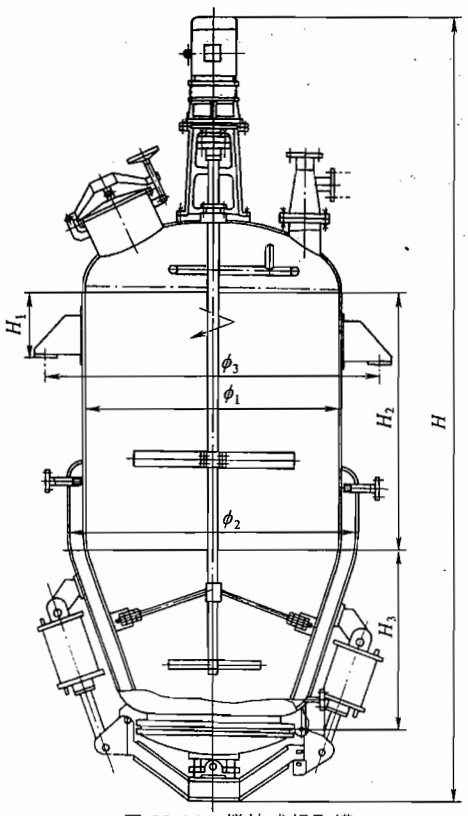


图 33-14 搅拌式提取罐

表 33-24 提取浓缩一体化设备技术参数示例

型 号	HDWN 系列	HDTN 系列
容积/m^3	1,2,3.5,4.5,6	1,2,3,6,12
浓缩液相对密度	1.2～1.35	1.1～1.35
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(2000×2000×7000)～(5000×3000×10000)	(6400×2600×6500)～(12000×4000×9800)
质量/kg	3300～6000	3500～8000
配套电机/kW	11～15	11～17
主要材料	不锈钢	不锈钢

2.2 浓缩设备

在蒸发设备选型时，除了根据被蒸发物料的特性外，还需要考虑各种影响蒸发的因素，以便选择合适的蒸发器形式。

根据所用药液加热器的级数不同，分为单效和多效蒸发器。

(1) 单效蒸发器

在天然药物提取中，常用的蒸发设备有：常压蒸发器、外循环蒸发器、真空浓缩罐、薄膜式蒸发器、刮板式蒸发器等形式。

① 常压蒸发器 特点：适用于耐热、溶媒无燃烧性、无毒、无害液体蒸发。结构简单，造价低廉，锅体材质可以根据物料要求进行改变，一般有不锈钢、铜、铝、搪瓷或搪玻璃等。由于是敞口浓缩，对环境有一定的影响，且对热能利用不高，不能实现生产连续化。

常压蒸发器一般常用的为可倾式蒸发锅，设备结构相对简单，生产厂家较多。技术参数见表 33-25。

② 外循环蒸发器 使药液在加热器和蒸发器之间循环，可以在常压条件下进行浓缩，也可在真空状态下进行浓缩。浓缩液的含固量根据工艺要求予以确定，加之设备容易清洗，蒸发量大，浓缩比高，不易结焦等优点，已成为常用的浓缩设备。为了节省能源，当蒸发水量大于 1000kg/h 时，常常组合成双效，便于二次蒸汽利用，有益于节能。其技术参数示例见表 33-26。

③ 真空浓缩罐 罐内物料在真空减压状况下，通过加热，蒸发，最终得到浓浸膏。分为带搅拌和不带搅拌两种。加热形式一般为夹套，内部盘管式因清洗不方便，使用不多。由于物料不通过列管，而直接在罐内加热、浓缩，故可得到浓度相对较高的浸膏。其结构简单，但由于是静止加热，与罐壁接触的物料易结焦，带搅拌的浓缩罐可减轻这样的现象，因为是在负压状况下使用，如果是选用带搅拌器的真空浓缩罐，在使用前一定要确认搅拌的轴封无漏油、漏气现象。其技术参数示例见表 33-27，结构如图 33-15 所示。

表 33-25 可倾式蒸发锅技术性能

设备容积/L	加热面积/m^2	蒸发水量/(kg/h)	蒸汽耗量/(kg/h)	夹套工作压力/MPa	外形尺寸(长×宽×高)/mm	质量/kg	主要材质
50	0.4	30	33	<0.2	720×600×830	170	不锈钢
100	0.45	40	44		800×650×950	190	
150	0.76	50	55		1350×660×1000	210	
200	1.0	65	72		1400×700×1100	230	
300	1.15	75	90		1450×800×1100	320	
400	1.44	100	110		1500×850×1140	360	
500	1.90	150	165		1600×900×1150	485	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 33-26 外循环蒸发器技术参数示例

型 号	500A	1000A	1500A
蒸发压力/MPa	0.03～0.08		
蒸发水量/(kg/h)	500	1000	1500
蒸汽压力/MPa	0.25		
外形尺寸(长×宽×高)/mm	2000×1000×3000	2200×1200×3300	2500×1300×3500
质量/kg	450	820	1150
主要材料	不锈钢		

④ 薄膜蒸发器 按料液进入蒸发器的途径不一样，可分为升膜式薄膜蒸发器（料液从蒸发器下面进入）和降膜式薄膜蒸发器（将料液从蒸发器上部进入）。本节主要介绍用于中药浓缩过程的升膜式蒸发器。

升膜蒸发器的工作原理是药液通过列管式换热器进行加热，在蒸发器中通过真空作用进行蒸发。薄膜蒸发器的传热系数较大，可在较宽的传热温差下操作，使生产能力可在较大的范围内变化，以适应药液供应不均匀的操作条件。其技术参数示列见表 33-28。

表 33-27 真空浓缩罐技术参数示例

型 号	JN 系列	ZN-700	ZN-1000
蒸发水量/(kg/h)	20～350	700	1000
浓缩液密度/(g/cm³)	1.1～1.4	1.1～1.2	
蒸发压力/MPa	−0.082	−0.082	
蒸汽耗量/(kg/h)	30～400	850	1180
蒸汽压力/MPa	0.15	0.02～0.25	
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(1200×600×2200)～(2730×1500×4700)	3000×3600×6000	4200×4000×6500
质量/kg	410～2600	2500	3000
配套电机/kW		11.0	11.0
主要材料	不锈钢		

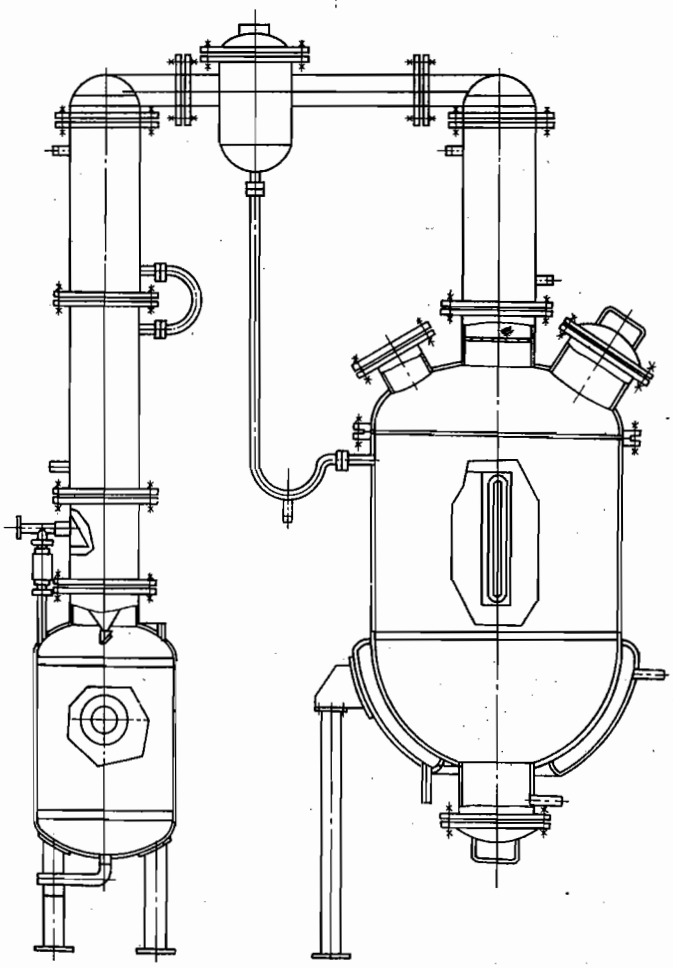


图 33-15 JN 型真空浓缩罐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 33-28 薄膜蒸发器技术参数示例

型号	NB系列薄膜蒸发器
蒸发面积/m^2	0.2,5.5,8,2,16,20,30,40,60
可用真空度/kPa	60
蒸发水量/(kg/h)	140～4200
蒸汽压力/MPa	0.4
耗汽量/(kg/h)	155～4620
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(2000×650×3500)～(5000×2000×5700)
质量/kg	300～5700
主要材料	不锈钢

⑤ 刮板式蒸发器 药液由蒸发器顶部切向进入离心分配器，被均匀分散在带夹套的筒体内壁上。夹套内通有蒸汽加热，刮板紧贴筒壁转动，转速约为200～300r/min，将料液挂成薄膜后迅速蒸发水分，不易结焦，可使药液到达较高的浓度。适用于黏度较大的或易结焦料液的蒸发。其技术参数示例和结构见表33-29、图33-16。

表 33-29 刮板式蒸发器技术参数示例

型 号	GZ-2m^2
蒸发面积/m^2	2
夹套压力/MPa	0.3
真空度/MPa	0.03
出料最大黏度/cPa·s	50000
外形尺寸(长×宽×高)/mm	950×830×3200
质量/kg	800
配套电机/kW	3.0
主要材料	不锈钢

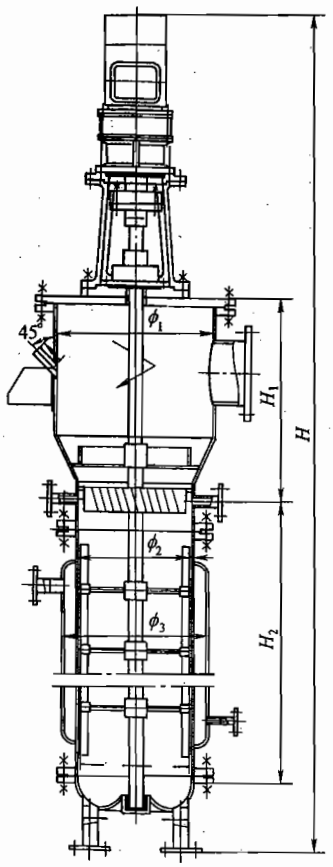


图 33-16 刮板式蒸发器

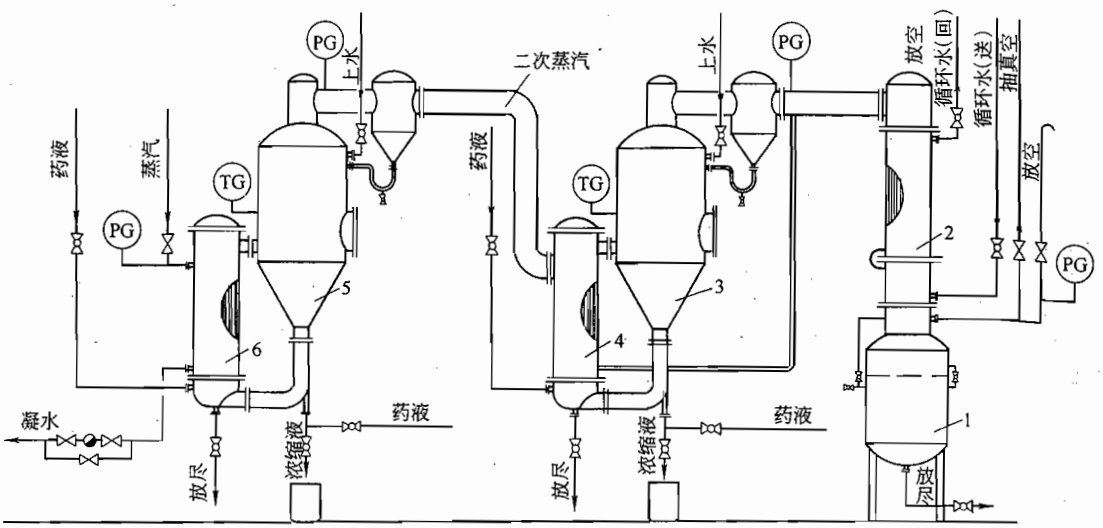


图 33-17 双效蒸发器工艺流程

1—冷凝液接收罐；2—冷凝冷却器；3—二效蒸发器；4—二次加热器；5—一效蒸发器；6—一效加热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

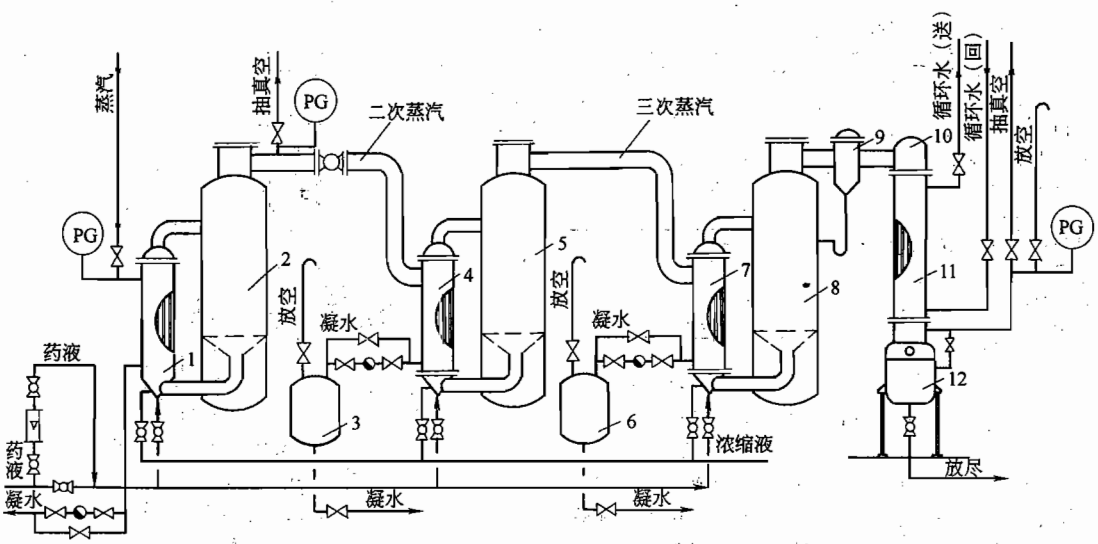


图 33-18 三效蒸发流程

1—一效加热器；2—一效蒸发器；3—冷凝液接收罐；4—二效加热器；5—二效蒸发器；6—冷凝液接收罐；7—三效加热器；8—三效蒸发器；9—泡沫捕集器；10—冷凝器；11—冷凝冷却器；12—冷凝液接收罐

（2）多效蒸发器

① 双效蒸发器 为节约能源，常将外循环蒸发器和薄膜蒸发器组合设计为多效蒸发器。其技术参数示例见表 33-30，双效蒸发器的工艺流程如图 33-17 所示。

表 33-30 双效蒸发器技术参数示例

型 号	蒸发水量/(kg/h)	蒸汽压力/MPa	耗汽量/(kg/h)	外形尺寸(长×宽×高)/mm
1000 型	800～1000	0.09～0.125	500～600	4100×2200×4400
1500 型	1400～1500		750～850	7800×2200×5040

注：1. 主要材料为不锈钢。

2. 制造厂：武汉制药机械厂。

② 三效蒸发器 可用于中药水提液浓缩，该设备的特点是连续和间隙操作相结合，可得到较高的浓缩比，浓缩液的相对密度可大于 1.10。其工作原理是通过设置三组蒸发器（罐），将前一效的二次蒸汽作为次效的加热源。为提高热源的使用率，一般第一效蒸发器为压力蒸发，第二、三效蒸发器为真空蒸发。料液依次经过一效、二效蒸发后，在第三效进行收膏。真空度一般在 0.02～0.08MPa。

三效蒸发器的技术参数示例见表 33-31，工艺流程如图 33-18 所示。

2.3 沉淀罐

沉淀罐可作为精制设备，常被用做醇沉、水沉、酸碱等沉淀设备。通过沉淀可去除杂质，对产品进行纯化，以减少产品对人体的副反应，或提高单位有效成分的含量，除此之外，对澄明度有要求的产品也用此法。

表 33-31 三效蒸发器技术参数示例

型 号	HSX 1000	WZS-1000	TSNQ 500	TSNQ 1000	TSNQ 1500	SJN-500～3000	SJN-500～8000B
蒸发水量/(kg/h)	1000	1000	500	1000	1500	500～3000	600～8800
蒸汽压力/MPa	0.1～0.15	0.095	0.05～0.09			0.05～0.09	0.05～0.09
耗汽量/(kg/h)	450	400	200	300	400	250～1100	200～2200
外形尺寸(长×宽×高)/mm	7840×2400×4350	7000×1500×3500	(5400×1000×2800)～(7500×2000×4000)			(4000×1300×3000)～(8000×2000×4300)	(5000×1300×3000)～(9000×2500×5000)
质量/kg	5520	3300	1500～3800			2600～3800	3000～12000
配套电机/kW	11	0.7	0.5			0.8	4～35
主要材料	不锈钢						

沉淀罐一般内装推进式搅拌，以加快混合速度，有的带有变频装置，以适合不同的搅拌速度需要，并带有微调旋转出液管。为了简化罐体结构，也可从罐顶用虹吸方法排出料液。罐体带有夹套，可通入冷冻水或冷却水，控制沉淀所需的温度。

沉淀罐的技术参数示例见表 33-32，结构如图 33-19 所示，主要尺寸见表 33-33。

2.4 超临界萃取设备

超临界萃取主要是利用流体在临界点所具有的特殊溶解性能而进行萃取分离的一种技术，是近年来兴起的一项新的提取技术。由于设备的投入、运行成本

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 33-32 沉淀罐技术参数示例

型 号	JC系列	JCD系列	JS系列	
容积/L	300,500,1000,1500,2000,3000,5000	300,500,1000,1500,2000,3000,6000	300～6000	
换热面积/m^2	1.8,3.0,4.5,6.5,0.5,8.0	0.3,0.5,1,1.5,3,6	1.8～12	1.8～8.5
搅拌转速/(r/min)	250～125	250～125	132	125～250
工作压力/MPa	≤0.25	0.01	≤0.25	0.25
工作温度/℃	−15～常温	−15～常温	−15～25	−15～常温
外形尺寸(直径×高)/mm	(φ600×2200)～(φ1400×4650)		(2500×1300×2800)～(3000×1400×3000)	(φ700×2200)～(φ1400×3600)
质量/kg	510～2200	520～4000	450～2080	512～2100
配套电机/kW	0.75～3	0.75～5	0.75～4.0	0.75～3.0
主要材料	不锈钢			

表 33-33 沉淀罐主要尺寸 /mm

公称容积/m^3	ϕ_1	ϕ_2	D	H_1	H	备 注
0.3	600	700	400	800	2200	包括支腿高度
0.5	800	900	500	1000	2850	包括支腿高度
1.0	1000	1100	600	1200	3460	包括支腿高度
2.0	1200	1300	850	1500	3700	带耳架,不包括支腿高度
3.0	1400	1500	850	1500	4130	带耳架,不包括支腿高度
5.0	1600	1700	950	2000	4650	带耳架,不包括支腿高度
主要材料	不锈钢					

较高，一般用做浸膏的精制和贵重药材及芳香油的提取。目前国内自行制造成套设备萃取罐体积为300L，国外引进的为1500L。选用设备时，应对所萃取的物质进行试验，以确定最佳工况条件。

(1) 工作原理

处于临界点的流体可实现液态到气态的连续过渡，两相界面消失，物质的汽化热为零。超过临界点的流体，压力变化时，都不会使其液化，而只引起流体密度和流体溶解能力的变化，故压力微小变化可引起流体密度的巨大变化。

流体在临界点有以下物理性质。

① 扩散系数与气体相近，密度与液体相近。

② 密度随压力的变化而连续变化，压力升高，密度增加。

③ 介电常数随压力的增大而增加。

这些性质使得超临界流体比气体有更大的溶解能力，比液体有更快的传递速率。超临界萃取所用介质可以有多种，由于成本等因素，一般用CO_2萃取居多，同时在萃取过程中还可根据物质的特性不一，通过在其中加入不同的极性或非极性夹带剂，以提高萃取效率。以超临界CO_2萃取β-胡萝卜素为例，其工艺流程如图33-20所示。

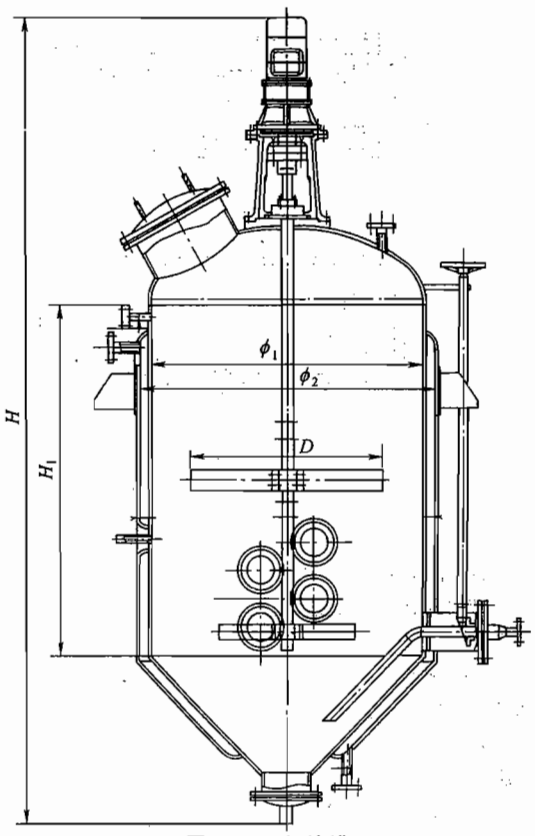


图 33-19 沉淀罐

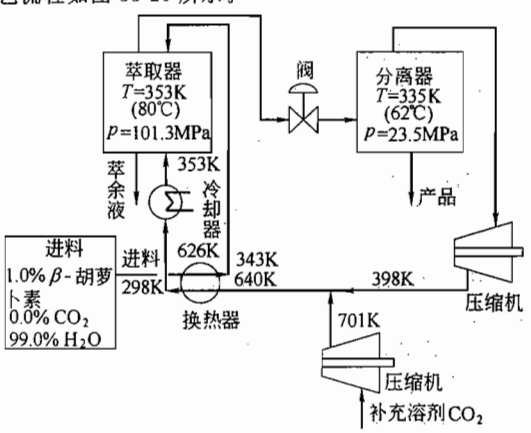


图 33-20 用SC-CO_2萃取β-胡萝卜素的流程

注：1. 萃取液含：β-胡萝卜素0.25%，CO_2 98.0%，H_2O 1.75%；萃余液含：β-胡萝卜素0.001%；CO_2 10.0%；H_2O 90.0%。

2. 收率99.0%，CO_2单耗 10kg/kg。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

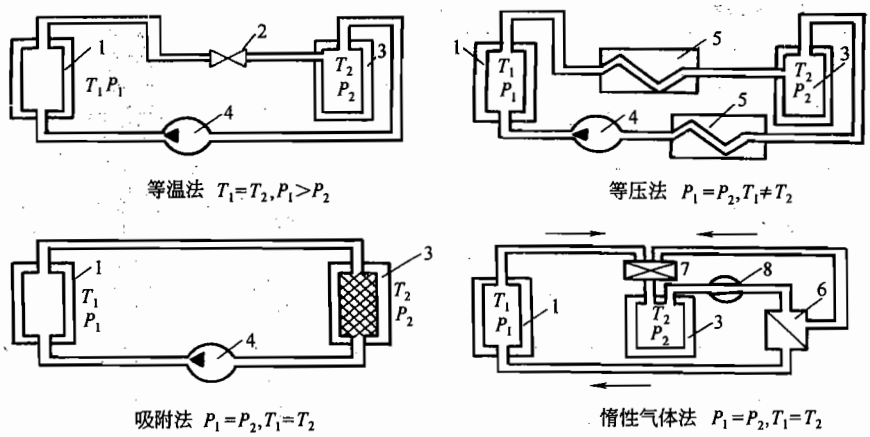


图 33-21 常见超临界流体萃取流程

1—萃取器；2—节流阀；3—分离器；4—泵；5—换热器；6—气体分离（膜分离）；7—气体混合器；8—压缩机

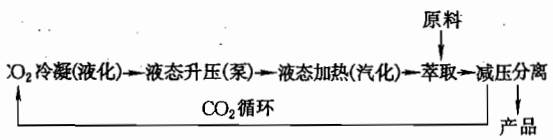
(2) 常见超临界流体萃取流程

超临界流体萃取过程基本上由萃取和分离两个阶段组成。其代表性工艺流程有：变压萃取分离法（等温法）；变温萃取分离法（等压法）；吸附萃取分离法（吸附法）和稀释萃取分离法（又称惰性气体法）等4种，如图33-21所示。其中变压萃取过程是应用最为方便和常见的一种流程。

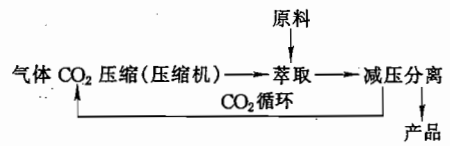
(3) 流体的循环方式

在超临界流体萃取工业化过程中，流体的增压设备可以为泵或压缩机，以获得设计所需的热力学数据。

① 泵循环过程　萃取剂 CO_2 利用泵循环时，各个过程的流体状态如下图所示。



② 压缩机循环过程　采用压缩机增压循环时，各过程的流体状态如下图所示。



选用泵循环的投资比压缩机循环小；流体流量易于控制；当压力大于30MPa时，能耗比压缩机小。但其不足之处是需要有换热设备、冷凝器和冷凝剂，此外，在较低压力下萃取时，冷凝所需的能耗相对较大。实际选用时，需根据具体情况综合考虑。

(4) 超临界萃取的影响因素

① 压力　当温度恒定时，溶剂的溶解能力随着压力的增加而增加；经过一段时间萃取后，原料中有效成分的残留随着压力的增加而减少。

② 温度　当萃取压力较高时，较高的温度可获得较高的萃取速率。原因之一是由于在相对较高的压力下，温度增加，组分蒸汽压增加，原因之二是传质速率随着温度的增加而增加，使得单位时间内的萃取量增加。

流体密度　溶剂的溶解能力与其密度有关，密度增加，溶解能力增加，但密度增大时，传质系数变小。在恒温时，密度增加，萃取速率增加；恒压时，密度增加，萃取速率下降。

③ 溶剂比　当萃取温度和压力确定后，溶剂比是一个重要参数。在低溶剂比时，经过一定时间后固体中溶质残留量大。用非常高的溶剂比时，萃取后固体中的残留趋于低限。溶剂比的大小必须考虑其经济性。有两个方面影响产品成本。一是高溶剂比时，萃取时间短。由于大溶剂比，溶剂中溶质浓度低，引起操作成本增加。此外，溶剂比较大时溶剂循环设备增大，投资增大。二是高溶剂比可增加生产能力，使产品成本下降。溶剂比增加时，萃取速率增加。但由于溶剂停留时间缩短，溶剂中溶质浓度下降。在某个溶剂比下，萃取速率将达到最大。若投资成本突出时，溶剂比取达到最大萃取速率为目标。若产品成本中溶剂的循环费用突出时，应选用最小溶剂比。调节溶剂的流速，使溶剂流出萃取器时溶质达到平衡时的溶剂量为最小。实际过程最适溶解比应视各个过程特点而定，在过程优化时，尤其要考虑某些限制。

④ 颗粒度　超临界流体通过固体物料时的传质，在很多情况下将取决于固体相内的传质速率。固体相内传递路径的长度决定了质量传递速率，在一般情况下，萃取速率随着颗粒尺寸减小而增加。当颗粒过大时，固体相内传质控制，萃取速率慢，在这种情况下，即使提高压力来增加溶剂的溶解能力，也不能有效地提高溶剂中溶质浓度。但另一方面，传质必须到达溶剂相内，若颗粒尺寸小到影响流体在固体床中通

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

过时，传质速率亦下降，这是因为细小的颗粒会形成高密度的床层，使溶剂流动通道阻塞而影响传质。

(5) 超临界流体萃取的特点

由于超临界流体的密度与普通液体溶剂相近，因此用超临界流体具有与普通液体相近的溶解能力。同时它又能保持气体所具有的传递特性，即比液体溶剂渗透得快，渗透得深，能更快地达到平衡。操作参数主要为压力和温度，而这两者比较容易控制。在接近临界点处，只要温度和压力有微小的变化，流体的密度会有显著的变化，即溶解能力会有显著变化。因此，萃取后溶质和溶剂的分离容易，只需改变压力或温度。

超临界流体，尤其是超临界 CO_2 流体，可在近常温的条件下操作，故特别适用于热敏性、易氧化物质的提取分离。如天然香料、中草药有效成分等产品，几乎可全部保全热敏性本真物质，过程有效成分损失少，收率高。

由于在高压下萃取，过程相平衡较复杂，物性数据缺乏，因而在使用前需做试验。高压装置和高压设备，投资费用高，安全要求亦高。超临界流体溶解度相对较低，故需要大量流体循环。超临界萃取过程以固体物系居多，连续化生产较困难。

超临界 CO_2 萃取技术在中草药、天然香料、食品等天然产物中有效成分的提取分离、分析鉴定等方面有广泛的应用前景。特别适于对热不稳定成分的萃取，能使萃取成分保持最大生物活性。

超临界 CO_2 萃取设备是超临界萃取技术发展的关键之一，它需要解决由于过程处于高压（一般在8～35MPa或更高）这个特殊情况所产生的大量的机械、热交换、流体输送和安全保证等问题，应该使整个工艺过程在满足生产目的的前提下，具有安全、易操作、通用性强、可连续运转（每日三班运行）等特点。

作为工业化的超临界流体提取设备，高压 CO_2 流体输送是过程平稳操作的核心。由于超临界 CO_2 流体具有很强的溶解能力和渗透能力，因而对高压泵系统有严格的特殊要求。萃取釜是装置的核心设备。为了提高效率，萃取釜一般应该设置高压气膛快开装置。同时为了确保操作安全，必须考虑残压排除和安全放空的可靠性。如在盖子上加一放空阀，当卸压后，萃取釜内表压为零，才能开启釜盖。超临界萃取和液液萃取的比较见表 33-34。

表 33-34　超临界萃取和液液萃取的比较

超临界萃取	液液萃取
即便是挥发性小的物质也能在流体中选择性溶解而被萃出，从而形成超临界流体相	溶剂加到要分离的混合物中，形成两个液相
SCF 的萃取能力主要与其密度有关，可选用适当压力、温度对其进行控制；	溶剂的萃取能力取决于温度和混合溶剂的组成及压力的关系不大
在高压（5～30MPa）下操作，一般在室温下进行，对处理热敏物质有利，因此可望在制药、食品和生物工程制品中得到应用	常温、常压下操作
萃取后的溶质和 SCF 间的分离，可用等温下减压，也可用等压下升温两种方法	萃取后的液体混合物，通常用蒸馏把溶剂和溶质分开。这对热敏性物质的处理不利
由于物性的优越性，提高了溶质的传质能力	传质条件往往不如 SCFE
在大多数情况下，溶质在超临界流体相中的浓度很小，超临界相组成接近于纯 SCF	萃出相为液相，溶质浓度可以相当大

2.5　干燥设备

(1) 带式干燥机

带式干燥机为大批量生产用的连续干燥设备，用于透气性较好的片状、条状或颗粒物料，因在烘干时，物料放置在链板上，故不适合粉末状物料的干燥。

带式干燥机的技术参数示例见表 33-35，结构如图 33-22 所示。

表 33-35　带式干燥机技术参数示例

型　　号	W 系列
换热面积/m^2	272,340,352,440,448,560
铺料厚/mm	10～80
蒸发水量/(kg/h)	60～300
使用温度/℃	50～120
蒸汽耗量/(kg/h)	120～600
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(9700×1500×2830)～(11770×3500×8580)
质量/kg	4800～7800
设备总功率/kW	11.4～23.7
主要材料	不锈钢

(2) 喷雾干燥机

喷雾干燥是将药液喷成雾状，并在一定温度的热空气中，快速挥发水分成干粉末。因其在密闭的操作环境下工作，且又能连续化生产，若能配合就地清洗系统，很适合药品的生产要求，是目前比较常用的干燥机械。按料液喷出的方法不同，可分为离心式、气流式和压力式三种。压力式在实际使用过程中，由于目前的技术限制，系统很难达到无菌要求，故不推荐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

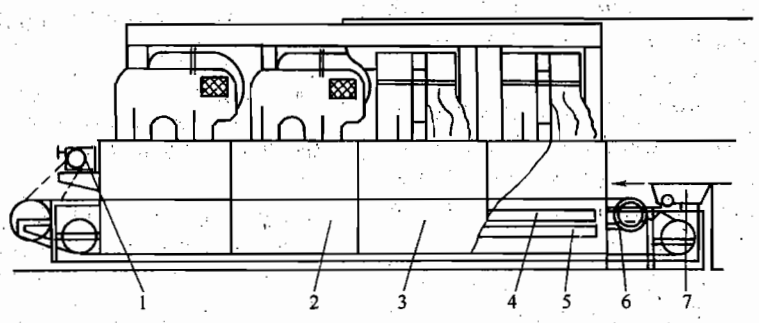


图 33-22 带式干燥机

1—无级调整器；2—下循环段；3—上循环段；4—分风器；5—加热器；6—传动系统；7—加料器

使用。选择设备时，在处理流量的料液小于 30kg/h 时，宜选用气流式，在流量大于 70kg/h 时，宜选用离心式，流量为 30～70kg/h 时，上述两种设备皆适用。喷雾干燥的筒体有带夹套和不带夹套两种，带夹套的，可通冷却水，以便喷出的粉不至于太热而黏壁。气流式喷雾干燥机根据气流式喷头套管的多少，又可分为二元和三元式，即两个套管的分别走气-液和三个套管的分别走气-液-气。除了以上原则外，在选择具体的设备时，由于生产的料液不一样，还应做小试，同时确定所需的工况条件。并根据需要，选择不同的吹扫装置和就地清洗系统。

喷雾干燥机的技术参数示例见表 33-36，表 33-37，干燥流程见图 33-23。

(3) 真空干燥灭菌器

真空干燥灭菌器具有灭菌和干燥两种功能，可在一台设备中完成上述两个过程。其主要工作原理是：由两组蒸汽回路组成，一路是直接进入设备箱体的内室，可对物料进行湿热灭菌。由于是直接接触被灭菌的物料，故一般采用纯蒸汽。另一路是进入设备的夹套或盘管中，对箱体内的空气和物料进行加热，并借助真空，使其中物料所含水分快速蒸发，达到干燥目的。一般整个过程约为 30～50min。

表 33-36 离心式喷雾干燥机技术参数示例

型　　号	ZLG 系列	ZLG 系列
蒸发水量/(kg/h)	5～350	15～300
塔体直径/mm	1200～5500	2200～5500
进风温度/℃	180～200	180～200
出风温度/℃	85～100	80～90
外形尺寸(长×宽×高)/mm	(φ1200×4000)～(φ5500×12000)	(3000×5000×4000)～(6500×9000×9000)
质量/kg	1000～15000	1500～7000
配套电机/kW	2.4～30	16～50
主要材料	不锈钢	

表 33-37 气流式喷雾干燥机技术参数示例

型　号	WPG5	PG26	PG75
蒸发水量/(kg/h)	5～8	26	75
喷嘴压力/MPa	0.4～0.6		
进风温度/℃	150～200		
耗电量/kW	10～14	24～60	70
外形尺寸(长×宽×高)/mm	4000×3000×3000	6800×3600×4700	4400×5400×8580
质量/kg	650	4200	6700
配套电机/kW	1.0	1.5	3.5
主要材料	不锈钢		

表 33-38 真空灭菌干燥器技术参数示例

型　　号	灭菌室尺寸(长×宽×高)/mm	灭菌室容积/m^3	外形尺寸(长×宽×高)/mm
MG-1.2Ⅱ真空灭菌柜	1500×750×1050	1.2	2210×1185×2180
XG1.DW 系列机动门卫生级真空灭菌器	(670×600×600)～(2360×860×1480)	0.24～3.0	(926×1235×1780)～(2720×1545×1990)
XG1.U 系列脉动真空灭菌柜	(670×600×600)～(1850×750×1080)	0.24～1.5	(870×1166×1780)～(2156×1475×1930)
型　　号	质量/kg	控制电源/kW	动力电源/kW
MG-1.2Ⅱ真空灭菌柜	1900	0.5	
XG1.DW 系列机动门卫生级真空灭菌器	600～2850	0.5	1.45～4.0
XG1.U 系列脉动真空灭菌柜	600～2500	0.5	1.45～3.85
主要材料	不锈钢		

注：真空灭菌柜所用蒸汽压力为 0.3～0.5MPa，水源压力为 0.15～0.3MPa，压缩空气压力为 0.5～0.7MPa。

根据真空干燥灭菌器门的设置位置不同，又可分为对开门和单边开门。对开门真空干燥灭菌器适合在贯穿不同洁净要求区域时使用，单边开门真空干燥灭

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

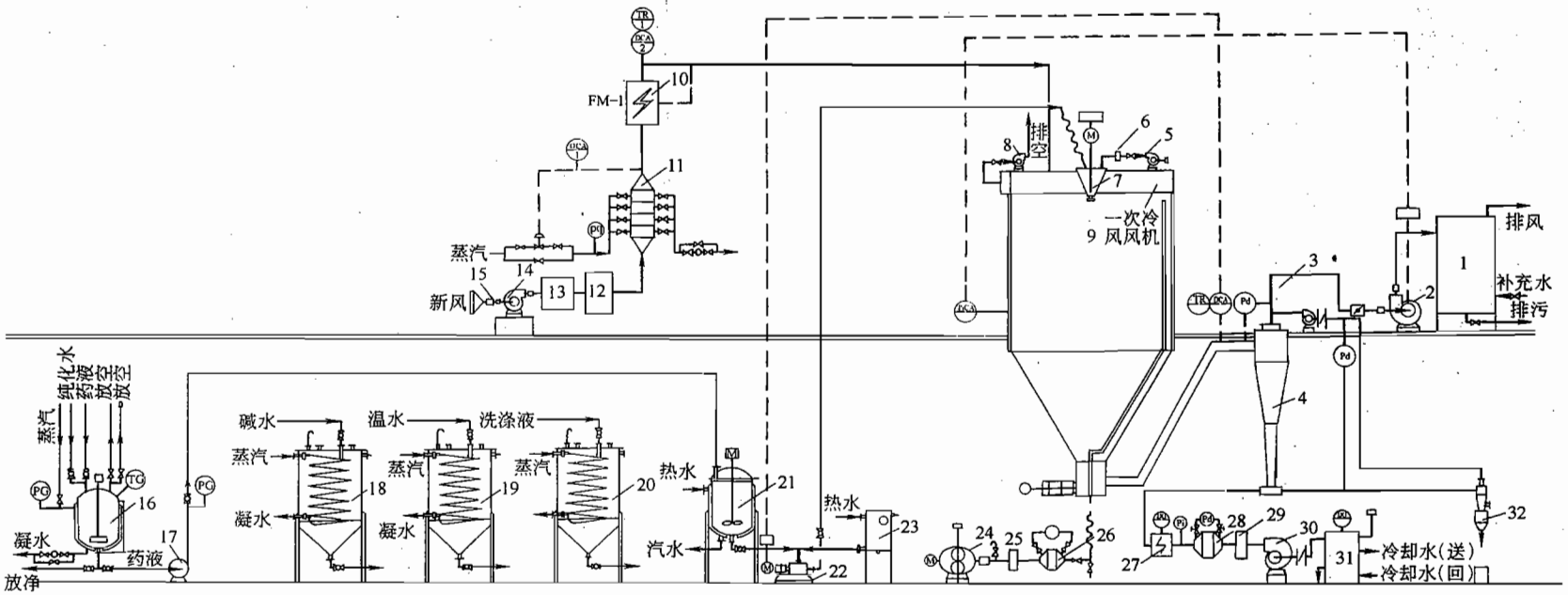


图 33-23 离心式喷雾干燥流程

1—湿式除尘器；2—排风机；3—风送排风机；4，32—旋风分离器；5，13，25，29—中效过滤器；6，12，26，28—高效过滤器；7—雾化器；8—隔套冷却风机；9—干燥室；10，27—电加热器；11—蒸汽加热器；14，30—送风机；15—初效过滤器；16—配料罐；17—喷雾液输送泵；18—碱水罐；19—温水罐；20—洗涤液罐；21—原液罐；22—单螺杆泵；23—水箱；24—罗茨风机；31—冷却除湿装置

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

菌适合在同一级别的区域内使用，可在订货时向制造厂说明。在同样的工作容积的情况下，双开门形式比单开门的外形尺寸要大，造价也高。真空灭菌干燥器的技术参数示例见表33-38。

3 制剂专用设备

根据天然药物的发展趋势，制剂型天然药物已逐渐向西药接近。其中片剂、胶囊、口服液、针剂等生产设备可参见本篇第32章。本节仅介绍专用中药剂型的生产设备，如：制丸机、滴丸机、颗粒包装机等。

3.1 制丸机

丸剂是指药物的细粉或提取物加适宜的黏合剂或辅料制成的球形或类球形制剂。一般制丸设备的选型是根据其制备方式进行的，丸剂按照制备方法不同分为：塑制丸、泛制丸和滴制丸。塑制丸主要有：蜜丸糊丸、部分浓缩丸、蜡丸等，其特点都是具有一定的可塑性。这种形式的制丸机主要有三种机械形式：轧丸压制式制丸机、制丸刀切搓式制丸机和制条搓丸式制丸机。本节介绍塑制丸及泛制丸的机械。

(1) 轧丸压制式制丸机

轧丸压制式制丸机分别由2、3、5个轧辊组合而成，先将混合均匀的药坨在螺旋推进器的作用下制成药条，进入由多个轧辊组成的成型机组，制成大小均匀的药丸。由于轧辊的压力较大，这种形式的制丸机较适合制作大蜜丸。技术参数示例见表33-39。

(2) 制丸刀切搓式制丸机

制丸刀切搓式制丸机是将混合均匀的药料经螺旋推进器挤压形成药条，通过制丸刀切搓制成药丸。适合制备蜜丸、水丸、水蜜丸和浓缩丸。技术参数示例见表33-40。

表33-39 轧丸压制式制丸机技术参数示例

型 号	DW-Ⅰ大蜜丸机	ZTM20-5三辊蜜丸机	WZM五型辊大蜜丸机
生产能力/(丸/h)	3g:3～3.6万 6g:2.5～3万 9g:2～2.4万	3g:2.8万 6g:2.2万 9g:1.9万	3g:4.0万 6g:3.5万 9g:3.0万
耗气量(0.65 MPa)/(m^3/min)	0.2		
外形尺寸(长×宽×高)/mm	700×2000×1550	1700×700×1300	700×2200×1550
质量/kg	1500	700	900
配套电机/kW	5.5	4.0	7.0
主要材料	不锈钢		

(3) 制条搓丸式制丸机

制条搓丸式制丸机通过送料机构将炼制好的黏塑状药料送入下料凹槽内，并将之推落在搓丸滚筒表面，通过滚筒的转动，将料坯带至搓丸板上，往复搓动，制成光滑的球丸品种。这种制丸形式要求药料本身的黏结能力较好，比较适合制备各种蜜丸。技术参数示例见表33-41。

表33-40 制丸刀切搓式制丸机技术参数示例

型 号	ZW-W制丸机	WZ120卧式中药自动制丸机	WZ150卧式中药自动制丸机	ZW系列中药自动制丸机	YUJ系列智能高效制丸机
生产能力/(kg/h)	5～80		150	10～120	约18
丸径/mm	4～12	3.5～12	3.5～12	3～12	1.5～25
冷却水/(kg/h)		200	200		
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1400×700×1200	1750×780×1300	1990×850×1300	(666×523×643)～(1200×850×2000)	(1000×700×1000)～(1700×1300×1500)
质量/kg	450	1000	1200	280～900	350～750
配套电机/kW	2.94	4.9	6.2	1.1～4.8	3.5～7.35
主要材料	不锈钢				

表33-41 制条搓丸式制丸机技术参数示例

型 号	ZWJ-40系列制丸机	ZWJ-60系列制丸机	XMW系列制丸机
生产能力/(粒/min)	313～766	2280～3990	1300～3300
丸径/mm	3～9	3～9	3～7
外形尺寸(长×宽×高)/mm	900×650×1160	1275×910×1465	(870×600×800)～(1450×800×1100)
质量/kg	365	800	420～620
配套电机/kW	0.55	0.75	0.75～1.5
主要材料	不锈钢		

(4) 泛制丸制丸机

泛制丸生产多用包衣锅完成。

由于泛制丸的工艺要求，一般分为起模、筛分、成型等。由于起模和成型分属两个不同工序，且需要处理的物料和生产周期也不一样，起模处理的物料量小，时间短，为了节省设备投资和提高设备的利用率，有时将两个工序使用的设备分开选用。

一般起模用粉量可参照下列公式计算：

$$X=0.6250D/C$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

式中，C 为成品丸剂 100 粒干重，g；D 为药粉总量，kg；X 为起模用药粉量，kg。

以此计算数据和需要的生产工艺来选择起模用包衣锅的大小和台数。

3.2 滴丸机

滴丸机是将药物溶解、乳化或混悬于适宜的熔融的基质中，并通过合适的滴管滴入与之不相混融的冷却液中，由于表面张力的作用，使液滴收缩成球状，冷却凝固成不透明的丸剂。工业生产用的滴丸机分为以下三类。

表 33-42 滴丸机技术参数示例

型 号	DW-35	WD2	DW-35
生产能力	2000～3000丸/min	300丸/min	1.15kg/h
滴丸直径/mm	2～5	4～7	3～4
滴头数量/个	35	2	8
外形尺寸（长×宽×高）/mm	1110×840×2300	1150×920×2000	700×700×1980
质量/kg	450	550	200
配套电机/kW	5	0.355(电加热:1.74kW)	3
主要材料	不锈钢		

(1) 向下滴的小滴丸机

药液借助重力由滴头管口自然流出，丸重主要由滴头口径的粗细来控制。但管口如果较粗时，会使药液充不满，使丸重差异增大，因此，这种滴丸机较适宜生产 70mg 以下的滴丸。目前这种滴丸机的使用范围较广。

(2) 大滴丸机

用唧筒式定量泵，由柱塞的行程来控制丸重。

(3) 向上滴的滴丸机

用于药液的相对密度比冷却剂小的品种的制备。

滴丸机的技术参数示例见表 33-42。

3.3 颗粒包装机

颗粒剂是将药物的细粉或提取物制成干燥颗粒状的内服制剂。按其颗粒和赋形剂的特性，颗粒剂可分为：可溶性、混悬型和泡腾型等三种颗粒剂型。颗粒包装机就是按照不同的装量要求，将颗粒用各种薄膜或复合材料进行装袋封口，一般按容积法进行计量。按照封袋的边数不同，可分为三封机和四封机。

颗粒包装机的技术参数示例见表 33-43。

表 33-43 颗粒包装机技术参数示例

型 号	DKDX 150Ⅱ	DKDX 150Ⅳ	DXDK 200-660	DCK200
包装速度/(袋/min)	35～75	25～40	75～280	40～60
制袋尺寸/mm	(80～150)～(70～115)	(140～180)～(80～120)	(40～80)～(100～120)	(30～150)～200
计量范围/mL	30～150	40～150	5～20	5～100
外形尺寸（长×宽×高）/mm	700×800×1900	670×870×2200	(1200～1500)×(1100～1540)×(1900～2320)	625×751×1558
质量/kg	450	700	1200～1500	170
配套电机/kW	1.3	3.7	4.5～5.0	0.88
主要材料	不锈钢			
备 注	三封袋	四封袋	四封袋	三封袋

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

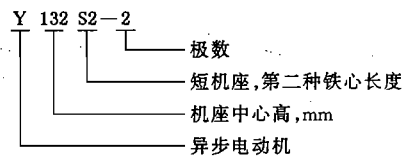
第34章 电动机和照明

1 Y系列交流异步电动机

鼠笼型三相异步电动机是我国统一设计推荐使用的基本系列产品，用于代替 JO_2，JO_3 系列产品。Y系列电动机可分为：Y系列普通电机（户内型及户外型）；YB系列隔爆型电机（户内型及户外型）；YA系列增安型电机（户内一般型及防腐型；户外一般型及防腐型）。

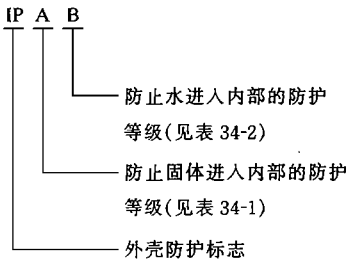
Y系列是一般用途的全封闭自扇冷式鼠笼型三相异步电动机，防护等级为IP44。Y系列电机具有高效、节能、启动转矩大、性能好、噪声低、振动小、可靠性高、功率等级和安装尺寸符合国际电工委员会IEC标准及使用维护方便等优点。

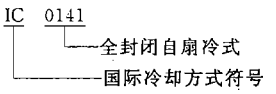
Y系列电机型号的标记示例



电动机的端子接线盒具有良好的密封性能，盒内有较大空腔便于接线，出线口有锁紧装置，可从与电动机轴线平行或垂直的4个方向任意出线。

防护等级的标记示例《外壳防护等级分类》按GB 4208—93。





1.1 安装结构型式

Y系列电机有三种基本结构型式，即B3（机座带底脚，端盖无凸缘）、B5（机座不带底脚，端盖有凸缘）和B35（机座带底脚，端盖有凸缘），见表34-3。

表34-1 防止固体进入内部的防护等级

防护等级	简称	定义
0	无防护	没有专门的防护
1	防护大于50mm的固体	能防止直径大于50mm的固体异物进入壳内，能防止人体的某一大面积部分(如手)偶然或意外地触及壳内带电或运动部分，但不能防止有意识地接近这些部分
2	防护大于12.5mm的固体	能防止直径大于12.5mm的固体异物进入壳内，能防止手指触及壳内带电或运动部分①
3	防护大于2.5mm的固体	能防止直径大于2.5mm的固体异物进入壳内，能防止厚度(或直径)大于2.5mm的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分①②
4	防护大于1mm的固体	能防止直径大于1mm的固体异物进入壳内，能防止厚度(或直径)大于1mm的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分①②
5	防尘	能防止灰尘进入，避免影响产品正常运行，完全防止触及壳内带电或运动部分①；完全防止灰尘进入壳内
6	尘密	完全防止触及壳内带电或运动部分①

① 对用同轴外风扇冷却的电动机，风扇的防护应能防止其风叶或轮辐被试指触及。在出风口，试指插入时，其直径为50mm的护板应不能通过。

② 不包括泄水孔，泄水孔应不低于第2级的规定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2 技术数据

(1) 同步转速 3000r/min（2 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-4）

(2) 同步转速 1500r/min（4 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-5）

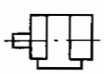
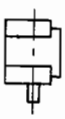
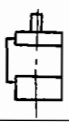
(3) 同步转速 1000r/min（6 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-6）

(4) 同步转速 750r/min（8 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-7）

表 34-2 防止水进入内部的防护等级

防护等级	简　称	定　义
0	无防护	没有专门的防护
1	防滴	垂直的滴水应不能直接进入产品内部
2	15°防滴	与铅垂线成 15°角范围内的滴水应不能直接进入产品内部
3	防淋水	与铅垂线成 50°角范围内的淋水应不能直接进入产品内部
4	防溅	任何方向的溅水对产品应无有害的影响
5	防喷水	任何方向的喷水对产品应无有害的影响
6	防海浪或强力喷水	猛烈的海浪或强力喷水对产品应无有害的影响
7	浸水	产品在规定的压力和时间下浸在水中，进水量应无有害的影响
8	潜水	产品在规定的压力下长时间浸在水中，进水量应无有害的影响

表 34-3 安装结构型式

基本结构型式	B3					
安装结构型式	B3	B6	B7	B8	V5	V6
示意图						
制造范围(中心高)/mm	80～355	80～160				

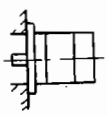
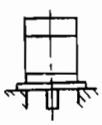
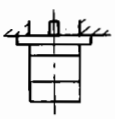
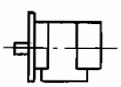
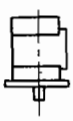
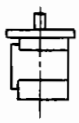
基本结构型式	B5			B35		
安装结构型式	B5	V1	V3	V35	V15	V36
示意图						
制造范围(中心高)/mm	80～225	80～315	80～160	80～315	80～160	

表 34-4 Y 系列技术数据（同步转速 3000r/min，2 极）

型　号	功　率 /kW	功率因数 cosφ	电　流 /A	转　速 /(r/min)	效　率 /%	堵转转矩 / 额定转矩	堵转电流 / 额定电流	最大转矩 / 额定转矩
Y801-2	0.75	0.84	1.8	2825	75	2.2	7.0	2.2
Y802-2	1.1	0.86	2.5	2825	77	2.2	7.0	2.2
Y90S-2	1.5	0.85	3.4	2840	78	2.2	7.0	2.2
Y90L-2	2.2	0.86	4.7	2840	82	2.2	7.0	2.2
Y100L-2	3	0.87	6.4	2880	82	2.2	7.0	2.2
Y112M-2	4	0.87	8.2	2890	85.5	2.2	7.0	2.2
Y132S1-2	5.5	0.88	11.1	2900	85.5	2.0	7.0	2.2

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型号	功率/kW	功率因数 cosφ	电流/A	转速/(r/min)	效率/%	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
Y132S2-2	7.5	0.88	15.0	2900	86.2	2.0	7.0	2.2
Y160M1-2	11	0.88	21.8	2930	87.2	2.0	7.0	2.2
Y160M2-2	15	0.88	29.4	2930	88.2	2.0	7.0	2.2
Y160L-2	18.5	0.89	35.5	2930	89	2.0	7.0	2.2
Y180M-2	22	0.89	42.2	2940	89	2.0	7.0	2.2
Y200L1-2	30	0.89	56.9	2950	90	2.0	7.0	2.2
Y200L2-2	37	0.89	69.8	2950	90.5	2.0	7.0	2.2
Y225M-2	45	0.89	83.9	2970	91.5	2.0	7.0	2.2
Y250M-2	55	0.89	102.7	2970	91.5	2.0	7.0	2.2
Y280S-2	75	0.89	140.1	2970	91.5	2.0	7.0	2.2
Y280M-2	90	0.89	167	2970	92	2.0	7.0	2.2
Y315S-2	110	0.89	206.4	2970	91	1.6	7.0	2.2
Y315M1-2	132	0.89	247.6	2970	91	1.6	7.0	2.2
Y315M2-2	160	0.89	298.5	2970	91.5	1.6	7.0	2.2

表 34-5 Y 系列技术数据（同步转速 1500r/min，4 极）

型号	功率/kW	功率因数 cosφ	电流/A	转速/(r/min)	效率/%	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
Y801-4	0.55	0.76	1.5	1390	73	2.2	6.5	2.2
Y802-4	0.75	0.76	2.0	1390	74.5	2.2	6.5	2.2
Y90S-4	1.1	0.78	2.7	1400	78	2.2	6.5	2.2
Y90L-4	1.5	0.79	3.7	1400	79	2.2	6.5	2.2
Y100L1-4	2.2	0.82	5.0	1420	81	2.2	7.0	2.2
Y100L2-4	3	0.81	6.8	1420	82.5	2.2	7.0	2.2
Y112M-4	4	0.82	8.8	1440	84.5	2.2	7.0	2.2
Y132S-4	5.5	0.84	11.6	1440	85.5	2.2	7.0	2.2
Y132M-4	7.5	0.85	15.4	1440	87	2.2	7.0	2.2
Y160M-4	11	0.84	22.6	1460	88	2.2	7.0	2.2
Y160L-4	15	0.85	30.3	1460	88.5	2.2	7.0	2.2
Y180M-4	18.5	0.86	35.9	1470	91	2.0	7.0	2.2
Y180L-4	22	0.86	42.5	1470	91.5	2.0	7.0	2.2
Y200L-4	30	0.87	56.8	1470	92.2	2.0	7.0	2.2
Y225S-4	37	0.87	69.8	1480	91.8	1.9	7.0	2.2
Y225M-4	45	0.88	84.2	1480	92.3	1.9	7.0	2.2
Y250M-4	55	0.88	102.5	1480	92.6	2.0	7.0	2.2
Y280S-4	75	0.88	139.7	1480	92.7	1.9	7.0	2.2
Y280M-4	90	0.89	164.3	1480	93.6	1.9	7.0	2.2
Y315S-4	110	0.89	201.9	1480	93	1.8	7.0	2.2
Y315M1-4	132	0.89	242.3	1480	93	1.8	7.0	2.2
Y315M2-4	160	0.89	293.7	1480	93	1.8	7.0	2.2

表 34-6 Y 系列技术数据（同步转速 1000r/min，6 极）

型号	功率/kW	功率因数 cosφ	电流/A	转速/(r/min)	效率/%	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩
Y90S-6	0.75	0.70	2.3	910	72.5	2.0	6.0	2.0
Y90L-6	1.1	0.72	3.2	910	73.5	2.0	6.0	2.0
Y100L-6	1.5	0.74	4.0	940	77.5	2.0	6.0	2.0

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型　号	功　率 /kW	功率因数 cosφ	电　流 /A	转　速 /(r/min)	效　率 /%	堵转转矩 / 额定转矩	堵转电流 / 额定电流	最大转矩 / 额定转矩
Y112M-6	2.2	0.74	5.6	940	80.5	2.0	6.0	2.0
Y132S-6	3	0.76	7.2	960	83	2.0	6.5	2.0
Y132M1-6	4	0.77	9.4	960	84	2.0	6.5	2.0
Y132M2-6	5.5	0.78	12.6	960	85.3	2.0	6.5	2.0
Y160M-6	7.5	0.78	17.0	970	86	2.0	6.5	2.0
Y160L-6	11	0.78	24.6	970	87	2.0	6.5	2.0
Y180L-6	15	0.81	31.6	970	89.5	1.8	6.5	2.0
Y200L1-6	18.5	0.83	37.7	970	89.8	1.8	6.5	2.0
Y200L2-6	22	0.83	44.6	970	90.2	1.8	6.5	2.0
Y225M-6	30	0.85	59.5	980	90.2	1.7	6.5	2.0
Y250M-6	37	0.86	72	980	90.8	1.8	6.5	2.0
Y280S-6	45	0.87	85.4	980	92	1.8	6.5	2.0
Y280M-6	55	0.87	104.9	980	92	1.8	6.5	2.0
Y315S-6	75	0.87	142.4	980	92	1.6	7.0	2.0
Y315M1-6	90	0.87	170.8	980	92	1.6	7.0	2.0
Y315M2-6	110	0.87	207.7	980	92.5	1.6	7.0	2.0
Y315M3-6	132	0.87	249.2	980	92.5	1.6	7.0	2.0
Y355S2-6	160	0.87	303	980	93.8	1.6	7.0	2.0

表 34-7　Y 系列技术数据（同步转速 750r/min，8 极）

型　号	功　率 /kW	功率因数 cosφ	电　流 /A	转　速 /(r/min)	效　率 /%	堵转转矩 / 额定转矩	堵转电流 / 额定电流	最大转矩 / 额定转矩
Y132S-8	2.2	0.71	5.8	710	81	2.0	5.5	2.0
Y132M-8	3	0.72	7.7	710	82	2.0	5.5	2.0
Y160M1-8	4	0.73	9.9	720	84	2.0	6.0	2.0
Y160M2-8	5.5	0.74	13.3	720	85	2.0	6.0	2.0
Y160L-8	7.5	0.75	17.7	720	86	2.0	5.5	2.0
Y180L-8	11	0.77	25.1	730	86.5	1.7	6.0	2.0
Y200L-8	15	0.76	34.1	730	88	1.8	6.0	2.0
Y225S-8	18.5	0.76	41.3	730	89.5	1.7	6.0	2.0
Y225M-8	22	0.78	47.6	730	90	1.8	6.0	2.0
Y250M-8	30	0.80	63	730	90.5	1.8	6.0	2.0
Y280S-8	37	0.79	78.7	740	91	1.8	6.0	2.0
Y280M-8	45	0.80	93.2	740	91.7	1.8	6.0	2.0
Y315S-8	55	0.81	112.1	740	92	1.6	6.5	2.0
Y315M1-8	75	0.81	152.9	740	92	1.6	6.5	2.0
Y315M2-8	90	0.82	180.3	740	92.5	1.6	6.5	2.0
Y315M3-8	110	0.82	220.3	740	92.5	1.6	6.5	2.0
Y355S2-8	132	0.82	269	740	93.3	1.6	6.5	2.0
Y355S4-8	160	0.82	324	740	93.5	1.6	6.5	2.0

注：用户如需要 10 极、12 极等特殊用途的电动机，均可按协议生产。

1.3　安装和外形尺寸

(1) B3、B6、B7、B8、V5、V6 型（机座带底脚，端盖无凸缘）（见图 34-1、表 34-8）

(2) B5、V1、V3 型（机座不带底脚，端盖有凸缘）（见图 34-2、表 34-9）

(3) B35、V15、V36 型（机座带底脚、端盖有凸缘）（见图 34-3、表 34-10）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

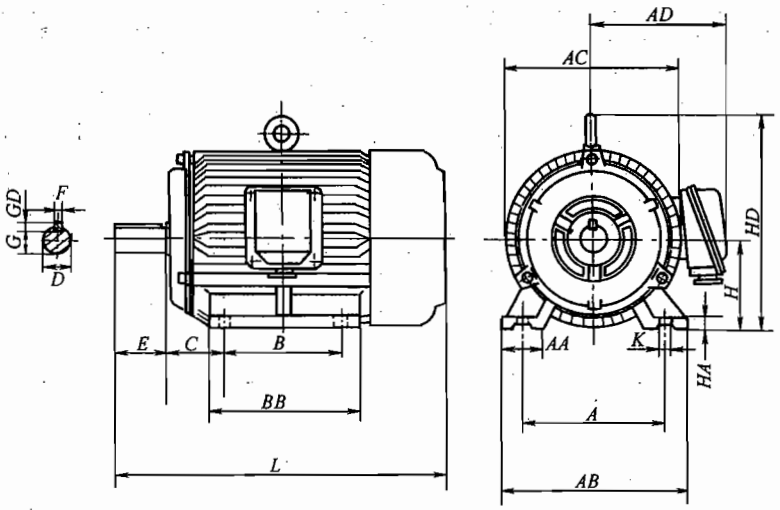


图 34-1 B3、B6、B7、B8、V5、V6 型 Y 系列电动机

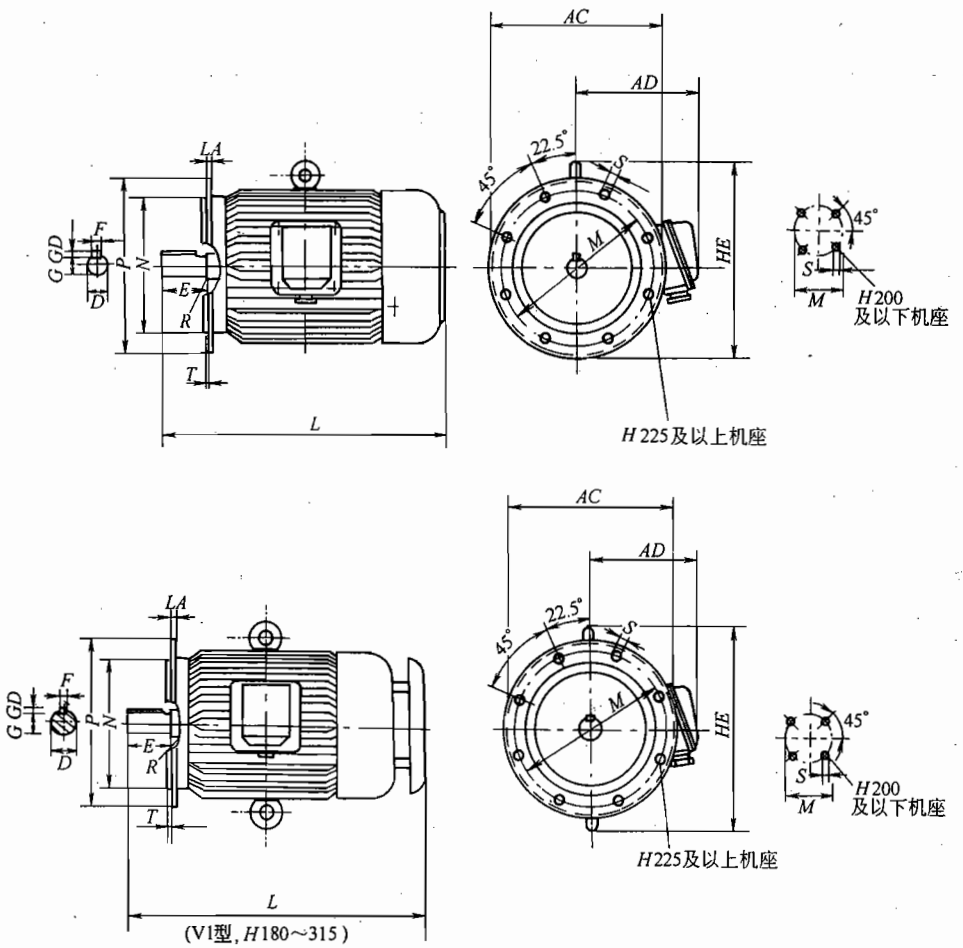


图 34-2 B5、V1、V3 型 Y 系列电动机

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-8 B3、B6、B7、B8、V5、V6 型 Y 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

型号	H	A	B	C	D		E		F×GD		G		K	AB	AC	AD	HD	AA	BB	HA	L		制造范围	
					2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极									2极	4、6、8极	B3	B6、B7、B8、V5、V6
Y80	80	125	100	50	19		40		6×6		15.5		10	165	165	150	170	34	130	10	285			
Y90S	90	140	100	56	24		50		8×7		20		10	180	175	155	190	36	130	12	310			
Y90L	90	140	125	56	24		50		8×7		20		10	180	175	155	190	36	155	12	335			
Y100L	100	160	140	63	28		60		8×7		24		12	205	205	180	245	40	176	14	380			
Y112M	112	190	140	70	28		60		8×7		24		12	245	230	190	265	50	180	15	400			
Y132S	132	216	140	89	38		80		10×8		33		12	280	270	210	315	60	200	18	475			
Y132M	132	216	178	89	38		80		10×8		33		12	280	270	210	315	60	238	18	515			
Y160M	160	254	210	108	42		110		12×8		37		15	330	325	255	385	70	270	20	600			
Y160L	160	254	254	108	42		110		12×8		37		15	330	325	255	385	70	314	20	645			
Y180M	180	279	241	121	48		110		14×9		42.5		15	355	360	285	430	70	311	22	670			
Y180L	180	279	279	121	48		110		14×9		42.5		15	355	360	285	430	70	349	22	710			
Y200L	200	318	305	133	55		110		16×10		49		19	395	400	310	475	70	379	25	775			
Y225S	225	356	286	149	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	19	435	450	345	530	75	368	28		820		
Y225M	225	356	311	149	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	19	435	450	345	530	75	393	28	815	845		
Y250M	250	406	349	168	60	65	140		18×11		53	58	24	490	495	385	575	80	455	30	930			
Y280S	280	457	368	190	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	24	550	555	410	640	85	530	35	1000			
Y280M	280	457	419	190	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	24	550	555	410	640	85	581	35	1050			
Y315S	315	508	406	216	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	28	635	640	530	770	125	620	50	1170	1200		
Y315M	315	508	457	216	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	28	635	640	530	770	125	670	50	1220	1250		
Y355M	355	610	560	254	75	100	140	210	20×11	28×14	68	90	28	—	980	630	1120	—	—	—	1550	1620		

注：80 及 90 机座无吊攀，HD 尺寸是从机座底脚平面至机壳外圆顶部。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-9 B5、V1、V3 型 Y 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

型号	D		E		F×GD		G		T	M	N	P	R	S	AC	AD	LA	HE	L		制造范围		
	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极											2极	4、6、8极	B5	V1	V3
Y80	19		40		6×6		15.5		3.5	165	130	200	0	4×φ12	165	150	12	185	285				
Y90S	24		50		8×7		20		3.5	165	130	200	0	4×φ12	175	155	12	195	310				
Y90L	24		50		8×7		20		3.5	165	130	200	0	4×φ12	175	155	12	195	335				
Y100L	28		60		8×7		24		4	215	180	250	0	4×φ15	205	180	14	245	380				
Y112M	28		60		8×7		24		4	215	180	250	0	4×φ15	230	190	14	265	400				
Y132S	38		80		10×8		33		4	265	230	300	0	4×φ15	270	210	14	315	475				
Y132M	38		80		10×8		33		4	265	230	300	0	4×φ15	270	210	14	315	515				
Y160M	42		110		12×8		37		5	300	250	350	0	4×φ19	325	255	16	385	600				
Y160L	42		110		12×8		37		5	300	250	350	0	4×φ19	325	255	16	385	645				
Y180M	48		110		14×9		42.5		5	300	250	350	0	4×φ19	360	285	18	430 (500)	670	(670)			
Y180L	48		110		14×9		42.5		5	300	250	350	0	4×φ19	360	285	18	430 (500)	710	(740)			
Y200L	55		110		16×10		49		5	350	300	400	0	4×φ19	400	310	18	480 (550)	775	(775)			
Y225S	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	5	400	350	450	0	8×φ19	450	345	20	535 (610)	——	820 (910)			
Y225M	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	5	400	350	450	0	8×φ19	450	345	20	535 (610)	815 (905)	845 (935)			
Y250M	60	65	140		18×11		53	58	5	500	450	550	0	8×φ19	495	385	22	(650)	(1035)				
Y280S	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	5	500	450	550	0	8×φ19	555	410	22	(720)	(1120)				
Y280M	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	5	500	450	550	0	8×φ19	555	410	22	(720)	(1170)				
Y315S	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	6	600	550	660	0	8×φ24	640	530	25	(890)	(1270)	(1300)			
Y315M	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	6	600	550	660	0	8×φ24	640	530	25	(890)	(1320)	(1350)			

注：1. 括号内尺寸仅用于 V1 结构（H180～315）。

2. *R* 为凸缘安装平面至轴伸台阶平面的距离。

3. 80 及 90 机座无吊攀。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表34-10 B35、V15、V36型Y系列电动机安装和外形尺寸 /mm

型号	H	A	B	C1	D		E		F×GD		G		K	T	M	N	P	R	S	AB	AC	AD	HD	AA	BB	HA	LA	L		制造范围	
					2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极																2极	4、6、8极	B35	V15 V36
Y80	80	125	100	50	19		40		6×6		15.5		10	4	165	130	200	0	4×φ12	165	165	150	170	34	130	10	12	285			
Y90S	90	140	100	56	24		50		8×7		20		10	4	165	130	200	0	4×φ12	180	175	155	190	36	130	12	12	310			
Y90L	90	140	125	56	24		50		8×7		20		10	4	165	130	200	0	4×φ12	180	175	155	190	36	155	12	12	335			
Y100L	100	160	140	63	28		60		8×7		24		12	4	215	180	250	0	4×φ15	205	205	180	245	40	176	14	14	380			
Y112M	112	190	140	70	28		60		8×7		24		12	4	215	180	250	0	4×φ15	245	230	190	265	50	180	15	14	400			
Y132S	132	216	140	89	38		80		10×8		33		12	4	265	230	300	0	4×φ15	280	270	210	315	60	200	18	14	475			
Y132M	132	216	178	89	38		80		10×8		33		12	4	265	230	300	0	4×φ15	280	270	210	315	60	236	18	14	515			
Y160M	160	254	210	108	42		110		12×8		37		15	5	300	250	350	0	4×φ19	330	325	255	385	70	270	20	16	600			
Y160L	160	254	254	108	42		110		12×8		37		15	5	300	250	350	0	4×φ19	330	325	255	385	70	314	20	16	645			
Y180M	180	279	241	121	48		110		14×9		42.5		15	5	300	250	350	0	4×φ19	355	360	285	430	70	311	22	18	670			
Y180L	180	279	279	121	48		110		14×9		42.5		15	5	300	250	350	0	4×φ19	355	360	285	430	70	349	22	18	710			
Y200L	200	318	305	133	55		110		16×10		49		19	5	350	300	400	0	4×φ19	395	400	310	475	70	379	25	18	775			
Y225S	225	356	286	149	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	19	5	400	350	450	0	8×φ19	435	450	345	530	75	368	28	20	—	820		
Y225M	225	356	311	149	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	19	5	400	350	450	0	8×φ19	435	450	345	530	75	393	28	20	815	845		
Y250M	250	406	349	168	60	65	140		18×11		53	58	24	5	500	450	550	0	8×φ19	490	495	385	575	80	455	30	22	930			
Y280S	280	457	368	190	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	24	5	500	450	550	0	8×φ19	550	555	410	640	85	530	35	22	1000			
Y280M	280	457	419	190	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	24	5	500	450	550	0	8×φ19	550	555	410	640	85	581	35	22	1050			
Y315S	315	508	406	216	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	28	6	600	550	660	0	8×φ24	635	640	530	770	125	620	50	25	1170	1200		
Y315M	315	508	457	216	65	80	140	170	18×11	22×14	58	71	28	6	600	550	660	0	8×φ24	635	640	530	770	125	670	50	25	1220	1250		

注：1. R 为凸缘安装平面至轴伸台阶平面的距离。

2. 80及90机座无吊攀，HD 尺寸从机座底脚平面至机壳外圆顶部。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

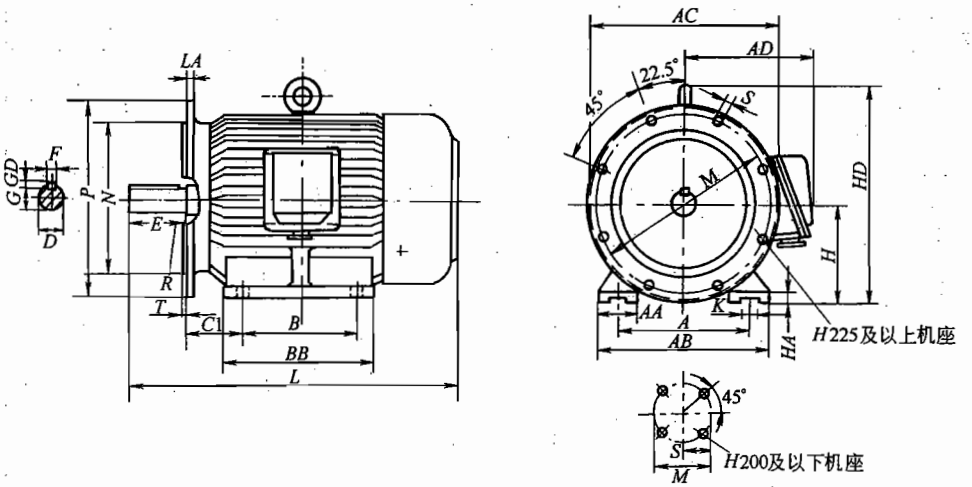


图 34-3 B35、V15、V36 型 Y 系列电动机

1.4 订货说明

① 订货时须注明电动机型号，功率，同步转速，电压，接法，频率，安装结构型式等。如订购5.5kW，2极，机座带底脚，端盖无凸缘的标准电动机，标注如下：

Y132S-2（IP44），5.5kW，3000r/min，380V，△接，50Hz，B3。

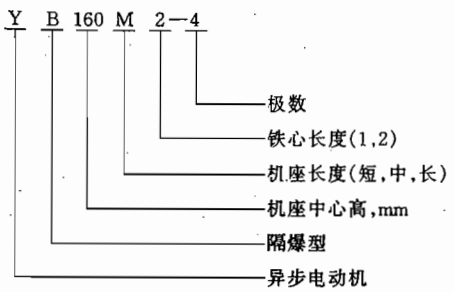
② 有特殊要求的，须在合同中详细说明，并事先与制造厂联系。如接线盒置于左侧，双轴伸的电动机，标注如下：

Y132S-2（IP44），5.5kW，3000r/min，380V，△接，50Hz，B3，左出线，双轴伸。

2 YB 系列防爆三相交流异步电动机

YB 系列是 Y 系列派生的全封闭自扇冷式鼠笼型防爆三相异步电动机。YB 系列电动机适用于有甲烷或煤尘的煤矿井下固定式设备和存在ⅡA，ⅡB，ⅡC级，T_1，T_2，T_3，T_4 组爆炸性混合物的其他工业场所，作一般传动使用。

YB 系列电动机型号标记示例



2.1 YB 系列防爆电动机的选用要求

① 按 GB 3836.1—2000《爆炸性气体环境用电气设备通用要求》，爆炸性气体混合物，按其最大试验安全间隙分级，按引燃温度分组，见表 34-11。

表 34-11 引燃温度分组及最大试验安全间隙分级（MESG）

最大试验安全间隙分级		引燃温度分组	
级别	最大试验安全间隙(MESG)/mm	组别	引燃温度 t/℃
ⅡA	≥0.9	T_1	450<t
ⅡB	0.5<MESG<0.9	T_2	300<t≤450
ⅢC	≤0.5	T_3	200<t≤300
		T_4	135<t≤200
		T_5	100<t≤135
		T_6	85<t≤100

② 所选用的防爆电动机的级别和组别，不应低于该爆炸危险场所内爆炸性混合物的级别和组别。当存在有两种或两种以上爆炸性混合物时，应按危险程度较高的级别和组别选用。

③ 防爆类型标记举例。

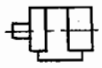
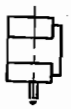
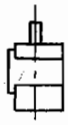
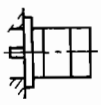
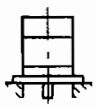
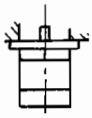
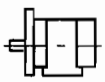
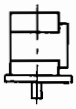
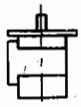
Ⅱ类隔爆型 B 级 T_3 组，其标记为：dⅡBT_3，d 代表隔爆型。

2.2 安装结构型式

YB 型电动机的基本结构型式有三种，即 B3 型（机座带底脚，端盖无凸缘），B5 型（机座不带底脚，端盖有凸缘）和 B35 型（机座带底脚、端盖有凸缘）。其安装结构型式符合 IEC34-7 的规定，见表 34-12。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-12 安装结构型式

基本结构型式	B3					
安装结构型式	B3	B6	B7	B8	V5	V6
示意图						
制造范围（中心高）/mm	80～280	80～160				
基本结构型式	B5			B35		
安装结构型式	B5	V1	V3	B35	V15	V36
示意图						
制造范围（中心高）/mm	80～225	80～280	80～160	80～280	80～160	

2.3 端子接线盒

电机的端子接线盒具有良好的隔爆性能，位于电动机的顶部，可以左右进线，盒内有较大空腔，便于接线且与机座主空腔之间采用螺纹隔爆结构。进线方式分橡套电缆和钢管布线两种，按不同启动要求，分别制成单进线口和双进线口两种。单进线口适用于电动机直接启动，双进线口适用于Y-△启动。防护等级为IP54。盒内配有接地端子，安全可靠。

2.4 技术数据

(1) 同步转速 1000r/min（6 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-13）

(2) 同步转速 3000r/min（2 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-14）

(3) 同步转速 750r/min（8 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-15）

(4) 同步转速 1500r/min（4 极），频率 50Hz，额定电压 380V（见表 34-16）

表 34-13 YB 系列技术数据（同步转速 1000r/min，6 极）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效率/%	功率因数 cosφ	质量/kg
YB90S-6	0.75	2.3	910	2.0	6.0	2.0	72.5	0.70	34
YB90L-6	1.1	3.2	910	2.0	6.0	2.0	73.5	0.72	37
YB100L-6	1.5	4.0	940	2.0	6.0	2.0	77.5	0.74	43
YB112M-6	2.2	5.6	940	2.0	6.0	2.0	80.5	0.74	54
YB132S-6	3	7.2	960	2.0	6.5	2.0	83	0.76	79
YB132M1-6	4	9.4	960	2.0	6.5	2.0	84	0.77	90
YB132M2-6	5.5	12.6	960	2.0	6.5	2.0	85.3	0.78	100
YB160M-6	7.5	17.0	970	2.0	6.5	2.0	86	0.78	144
YB160L-6	11	24.6	970	2.0	6.5	2.0	87	0.78	166
YB180L-6	15	31.6	970	1.8	6.5	2.0	89.5	0.81	215
YB200L1-6	18.5	37.7	970	1.8	6.5	2.0	89.8	0.83	275
YB200L2-6	22	44.6	970	1.8	6.5	2.0	90.2	0.83	300
YB225M-6	30	59.5	980	1.7	6.5	2.0	90.2	0.85	368
YB250M-6	37	72	980	1.8	6.5	2.0	90.8	0.86	516
YB280S-6	45	85.4	980	1.8	6.5	2.0	92	0.87	620

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效率/%	功率因数 cosφ	质量/kg
YB280M-6	55	104.9	980	1.8	6.5	2.0	92	0.87	700
YB315S-6	75	142	989	1.6	6.5	2.0	93	0.87	—
YB315M1-6	90	169	989	1.6	6.5	2.0	93.4	0.87	—
YB315M2-6	110	206	989	1.6	6.5	2.0	93.7	0.87	—
YB315M3-6	132	246	989	1.6	6.5	2.0	94	0.87	—
YB355S2-6	160	296	989	1.6	6.5	2.1	94	0.87	—

表 34-14 YB 系列技术数据（同步转速 3000r/min，2 极）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效率/%	功率因数 cosφ	质量/kg
YB801-2	0.75	1.8	2825	2.2	7.0	2.2	75	0.84	22
YB802-2	1.1	2.5	2825	2.2	7.0	2.2	77	0.86	24
YB90S-2	1.5	3.4	2840	2.2	7.0	2.2	78	0.85	33
YB90L-2	2.2	4.7	2840	2.2	7.0	2.2	82	0.86	37
YB100L-2	3	6.4	2880	2.2	7.0	2.2	82	0.87	43
YB112M-2	4	8.2	2890	2.2	7.0	2.2	85.5	0.87	54
YB132S1-2	5.5	11.1	2900	2.0	7.0	2.2	85.5	0.88	79
YB132S2-2	7.5	15.0	2900	2.0	7.0	2.2	86.2	0.88	87
YB160M1-2	11	21.8	2930	2.0	7.0	2.2	87.2	0.88	134
YB160M2-2	15	29.4	2930	2.0	7.0	2.2	88.2	0.88	149
YB160L-2	18.5	35.5	2930	2.0	7.0	2.2	89	0.89	167
YB180M-2	22	42.2	2940	2.0	7.0	2.2	89	0.89	210
YB200L1-2	30	56.9	2950	2.0	7.0	2.2	90	0.89	290
YB200L2-2	37	69.8	2950	2.0	7.0	2.2	90.5	0.89	304
YB225M-2	45	83.9	2970	2.0	7.0	2.2	91.5	0.89	380
YB250M-2	55	102.7	2970	2.0	7.0	2.2	91.5	0.89	449
YB280S-2	75	140.1	2970	2.0	7.0	2.2	91.5	0.89	640
YB280M-2	90	167	2970	2.0	7.0	2.2	92	0.89	710
YB315S-2	110	203	2982	1.8	7.0	2.2	92.5	0.89	—
YB315M1-2	132	242	2982	1.8	7.0	2.2	93	0.89	—
YB315M2-2	160	292	2982	1.8	7.0	2.2	93.5	0.89	—

表 34-15 YB 系列技术数据（同步转速 750r/min，8 极）

型号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效率/%	功率因数 cosφ	质量/kg
YB132S-8	2.2	5.8	710	2.0	5.5	2.0	81	0.71	79
YB132M-8	3	7.7	710	2.0	5.5	2.0	82	0.72	90
YB160M1-8	4	9.9	720	2.0	6.0	2.0	84	0.73	130
YB160M2-8	5.5	13.3	720	2.0	6.0	2.0	85	0.74	144
YB160L-8	7.5	17.7	720	2.0	5.5	2.0	86	0.75	166
YB180L-8	11	25.1	730	1.7	6.0	2.0	86.5	0.77	215
YB200L-8	15	34.1	730	1.8	6.0	2.0	88	0.76	288
YB225S-8	18.5	41.3	730	1.7	6.0	2.0	89.5	0.76	337
YB225M-8	22	47.6	730	1.8	6.0	2.0	90	0.78	365
YB250M-8	30	63	730	1.8	6.0	2.0	90.5	0.80	515
YB280S-8	37	78.7	740	1.8	6.0	2.0	91	0.79	620

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效　率/%	功率因数 cosφ	质　量/kg
YB280M-8	45	93.2	740	1.8	6.0	2.0	91.7	0.80	700
YB315S-8	55	110	741	1.6	6.5	2.0	92.5	0.80	—
YB315M1-8	75	148	741	1.6	6.5	2.0	93	0.81	—
YB315M2-8	90	175	741	1.6	6.5	2.0	93	0.82	—
YB315M3-8	110	214	741	1.6	6.5	2.0	93.5	0.82	—

表 34-16　YB 系列技术数据（同步转速 1500r/min，4 极）

型　号	额定功率/kW	额定电流/A	额定转速/(r/min)	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	效　率/%	功率因数 cosφ	质　量/kg
YB801-4	0.55	1.5	1390	2.2	6.5	2.2	73	0.76	22
YB802-4	0.75	2.0	1390	2.2	6.5	2.2	74.5	0.76	24
YB90S-4	1.1	2.7	1400	2.2	6.6	2.2	78	0.78	33
YB90L-4	1.5	3.7	1400	2.2	6.5	2.2	79	0.79	37
YB100L1-4	2.2	5.0	1420	2.2	7.0	2.2	81	0.82	43
YB100L2-4	3	6.8	1420	2.2	7.0	2.2	82.5	0.81	47
YB112M-4	4	8.8	1440	2.2	7.0	2.2	84.5	0.82	58
YB132S-4	5.5	11.6	1440	2.2	7.0	2.2	85.5	0.84	80
YB132M-4	7.5	15.4	1440	2.2	7.0	2.2	87	0.85	95
YB160M-4	11	22.6	1460	2.2	7.0	2.2	88	0.84	148
YB160L-4	15	30.3	1460	2.2	7.0	2.2	88.5	0.85	166
YB180M-4	18.5	35.9	1470	2.0	7.0	2.2	91	0.86	210
YB180L-4	22	42.5	1470	2.0	7.0	2.2	91.5	0.86	234
YB200L-4	30	56.8	1470	2.0	7.0	2.2	92.2	0.87	320
YB225S-4	37	69.8	1480	1.9	7.0	2.2	91.8	0.87	360
YB225M-4	45	84.2	1480	1.9	7.0	2.2	92.3	0.88	388
YB250M-4	55	102.5	1480	2.0	7.0	2.2	92.6	0.88	530
YB280S-4	75	139.7	1480	1.9	7.0	2.2	92.7	0.88	650
YB280M-4	90	164.3	1480	1.9	7.0	2.2	93.5	0.89	780
YB315S-4	110	200	1480	1.8	7.0	2.2	93.5	0.89	—
YB315M1-4	132	237	1480	1.8	7.0	2.2	94	0.89	—
YB315M2-4	160	287	1480	1.8	7.0	2.2	94.5	0.89	—

2.5　安装和外形尺寸

(1) B3、B6、B7、B8、V5、V6 型（机座带底脚，端盖无凸缘）（见图 34-4、表 34-17）

(2) B35、V15、V36 型（机座带底脚，端盖有凸缘）（见图 34-5、表 34-18）

(3) B5、V1、V3 型（机座不带底脚，端盖有凸缘）（见图 34-6、表 34-19）

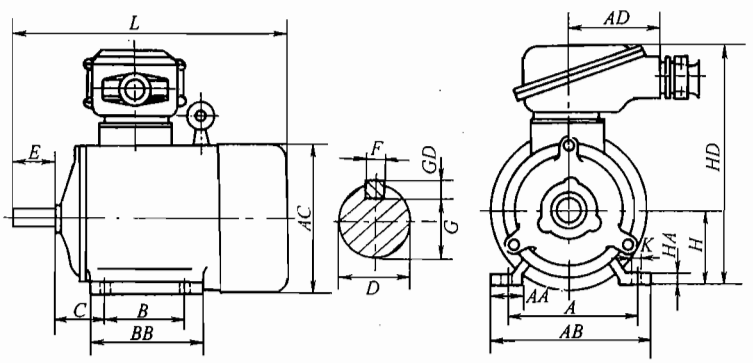


图 34-4　B3、B6、B7、B8、V5、V6 型 YB 系列电动机

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-17 B3、B6、B7、B8、V5、V6 型 YB 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	H	A	B	D		E		F×GD		G		AB	AD	AC	HD	BB	L		C	K	AA	HA
				2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极						2极	4、6、8极				
80	80	125	100	19		40		6×6		15.5		165	225	160	340	135	330		50	10	34	10
90S	90	140	100	24		50		8×7		20		180	225	180	355	135	360		56	10	36	14
90L	90	140	125	24		50		8×7		20		180	225	180	355	160	385		56	10	36	14
100L	100	160	140	28		60		8×7		24		205	225	200	380	180	430		63	12	40	14
112M	112	190	140	28		60		8×7		24		245	225	225	400	185	460		70	12	50	16
132S	132	216	140	38		80		10×8		33		280	240	265	470	205	510		89	12	60	18
132M	132	216	178	38		80		10×8		33		280	240	265	470	242	550		89	12	60	18
160M	160	254	210	42		110		12×8		37		330	240	320	530	275	655		108	15	70	20
160L	160	254	254	42		110		12×8		37		330	240	320	530	320	695		108	15	70	20
180M	180	279	241	48		110		14×9		42.5		355	240	360	565	325	730		121	15	70	22
180L	180	279	279	48		110		14×9		42.5		355	240	360	565	365	750		121	15	70	22
200L	200	318	305	55		110		16×10		49		395	290	400	625	385	805		133	19	70	25
225S	225	356	286	55	60	110	140	16×10	18×11		53	435	290	450	670	375	—	845	149	19	75	28
225M	225	356	311	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	435	290	450	670	400	840	870	149	19	75	28
250M	250	406	349	60	65	140		18×11		53	58	490	330	500	770	430	935		168	24	80	30
280S	280	457	368	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	545	330	560	830	455	1010		190	24	85	35
280M	280	457	419	65	75	140		18×11	20×12	68	67.5	545	330	560	830	505	1060		190	24	85	35

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

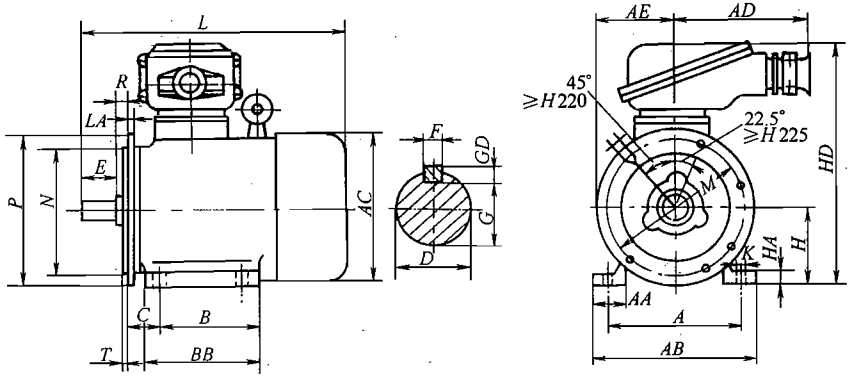


图 34-5 B35、V15、V36 型 YB 系列电动机

表 34-18 B35、V15、V36 型 YB 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	H	A	B	D		E		F×GD		G		T	M	N	P	R	n×s	AB	AD	AE	HD	BB	AC	LA	L		C	K	AA	HA
				2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极														2极	4、6、8极				
80	80	125	100	19		40		6×6		15.5		3.5	165	130	200	0	4×φ12	165	225	105	340	135	160	12	330		50	10	34	10
90S	90	140	100	24		50		8×7		20		3.5	165	130	200	0	4×φ12	180	225	105	355	135	180	12	360		56	10	36	14
90L	90	140	125	24		50		8×7		20		3.5	165	130	200	0	4×φ12	180	225	105	355	160	180	12	385		56	10	36	14
100L	100	160	140	28		60		8×7		24		4	215	180	250	0	4×φ15	205	225	130	380	180	200	14	430		63	12	40	14
112M	112	190	140	28		60		8×7		24		4	215	180	250	0	4×φ15	245	225	130	400	185	225	14	460		70	12	50	16
132S	132	216	140	38		80		10×8		33		4	265	230	300	0	4×φ15	280	240	155	470	205	265	14	510		89	12	60	18
132M	132	216	178	38		80		10×8		33		4	265	230	300	0	4×φ15	280	240	155	470	242	265	14	550		89	12	60	18
160M	160	254	210	42		110		12×8		37		5	300	250	350	0	4×φ19	330	240	180	530	275	320	16	655		108	15	70	20
160L	160	254	254	42		110		12×8		37		5	300	250	350	0	4×φ19	330	240	180	530	320	320	16	695		108	15	70	20
180M	180	279	241	48		110		14×9		42.5		5	300	250	350	0	4×φ19	355	240	180	565	325	360	18	730		121	15	70	22
180L	180	279	279	48		110		14×9		42.5		5	300	250	350	0	4×φ19	355	240	180	565	365	360	18	750		121	15	70	22
200L	200	318	305	55		110		16×10		49		5	350	300	400	0	4×φ19	390	290	200	625	385	400	18	805		133	19	70	25
225S	225	356	386	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	5	400	350	450	0	8×φ19	435	290	225	670	375	450	20	—	845	149	19	75	28
225M	225	356	311	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	5	400	350	450	0	8×φ19	435	290	225	670	400	450	20	840	870	149	19	75	28
250M	250	406	349	60	65	140		18×11		53	58	5	500	450	550	0	8×φ19	490	330	250	770	430	500	22	935		168	24	80	30
280S	280	457	368	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	5	500	450	550	0	8×φ19	545	330	280	830	455	560	22	1010		190	24	85	35
280M	280	457	419	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	5	500	450	550	0	8×φ19	545	330	280	830	505	560	22	1060		190	24	85	35

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

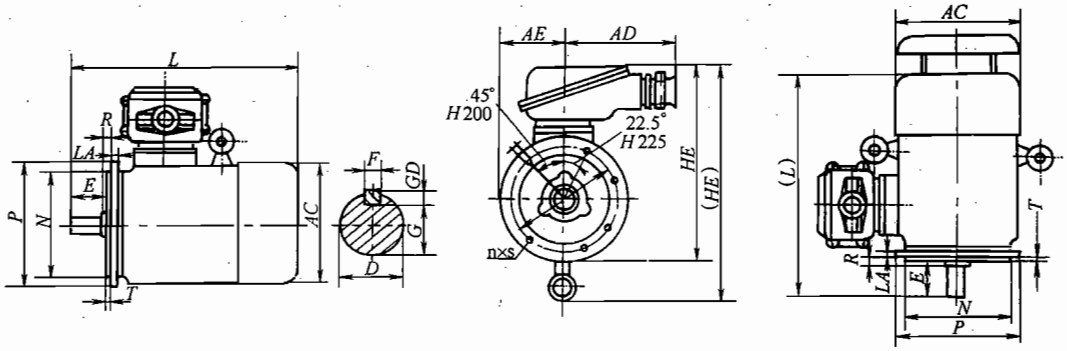


图 34-6 B5、V1、V3 型 YB 系列电动机

表 34-19 B5、V1、V3 型 YB 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	D		E		F×GD		G		P	n×s	AD	AE	AC	HE	L		T	M	N
	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极	2极	4、6、8极							2极	4、6、8极			
80	19		40		6×6		15.5		200	4×φ12	225	105	160	345	330		3.5	165	130
90S	24		50		8×7		20		200	4×φ12	225	105	180	355	360		3.5	165	130
90L	24		50		8×7		20		200	4×φ12	225	105	180	355	385		3.5	165	130
100L	28		60		8×7		24		250	4×φ15	225	130	200	395	430		4	215	180
112M	28		60		8×7		24		250	4×φ15	225	130	225	400	460		4	215	180
132M	38		80		10×8		33		300	4×φ15	240	155	265	470	510		4	265	230
132L	38		80		10×8		33		300	4×φ15	240	155	265	470	550		4	265	230
160M	42		110		12×8		37		350	4×φ19	240	180	320	530	655		5	300	250
160L	42		110		12×8		37		350	4×φ19	240	180	320	530	695		5	300	250
180M	48		110		14×9		42.5		350	4×φ19	240	180	360	565(645)	730(800)		5	300	250
180L	48		110		14×9		42.5		350	4×φ19	240	180	360	565(645)	750(820)		5	300	250
200L	55		110		16×10		49		400	4×φ19	290	205	400	625(705)	805(875)		5	350	300
225S	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	450	8×φ19	290	225	450	670(750)	—	845(915)	5	400	350
225M	55	60	110	140	16×10	18×11	49	53	450	8×φ19	290	225	450	670(750)	840(910)	870(940)	5	400	350
250M	65	75	140		18×11		53	58	550	8×φ19	330	280	500	(880)	(1025)		5	500	450
280S	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	550	8×φ19	330	280	560	(910)	(1120)		5	500	450
280M	65	75	140		18×11	20×12	58	67.5	550	8×φ19	330	280	560	(910)	(1150)		5	500	450

注：括号内尺寸数据为V1结构的数据。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.6　订货说明

订货时需详细说明电动机型号，功率，同步转速或极对数，电压，接法，频率，安装方式，防爆标记，进线方式。

订购标注如下：YB160M1-2（IP54），11kW，3000r/min，380V，△接，50Hz，B3，dⅡAT$_1$，电缆进线。

3　YA 系列增安型三相异步电动机

YA 系列增安型三相异步电动机分户内、外一般型和户内、外防腐型增安型异步电动机，均是 Y 系列三相异步电动机的派生系列，其功率等级、安装尺寸对于eⅡT$_2$组，与 Y 系列电动机相同，对于eⅡT$_3$组，考虑到增安型电动机有降低温升及 t_E 时间不得小于 5s 的实际需要，2 极电机从 160 起，4 极电机从 180 起较 Y 系列电动机降低一级功率，其余与 Y 系列电动机保持一致。其性能参数如下。

功率范围：0.55～90kW

同步转速：3000、1500、1000、750r/min

电动机中心高：80～280mm

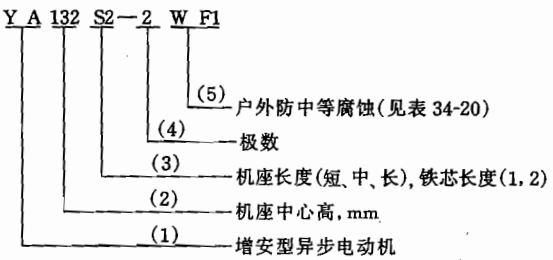
防爆级别：eⅡT$_1$、eⅡT$_2$、eⅡT$_3$ 级

YA 系列增安型电动机适用于 2 区爆炸危险环境；eⅡT$_1$ 级适用于工厂中有 T$_1$ 组爆炸性混合物的环境；eⅡT$_2$ 级适用于工厂中有 T$_1$～T$_2$ 组爆炸性混合物的环境；eⅡT$_3$ 级适用于工厂中有 T$_1$～T$_3$ 组爆炸性混合物的环境。

YA 系列电动机主体外壳的防护等级为 IP54，接线盒外壳为 IP55，进线方式有钢管进线及电缆进线。

户内、外防腐增安型电机的功率等级、安装尺寸与 YA 系列增安型电动机相同。使用条件见表 34-20。

型号标记示例



对于户内一般型增安型电动机，型号标记时没有第(5)项。

3.1　技术数据

YA 系列增安型三相异步电动机技术数据与户内、外防腐增安型异步电动机相同，技术数据见表 34-21。

表 34-20　YA 系列电动机使用条件

腐蚀程度分级		户外防轻腐蚀	户外防中等腐蚀	户外防强腐蚀	户内防中等腐蚀	户内防强腐蚀
电动机防护类型		W	WF1	WF2	F1	F2
1. 气候环境参数						
低温/℃		−20	−20	−20	−5	−5
高温/℃		+40	+40	+40	+40	+40
高相对湿度/%		100	100	100	95	95
太阳辐射/(W/m^2)		1120	1120	1120	—	—
周围空气运动/(m/s)		30	30	30	10	10
凝露条件		有凝露条件				
降雨强度/(mm/min)		6	6	6	—	—
结冰和结霜条件		有结冰结霜条件				
2. 化学活性物质环境参数						
盐雾		有				
平均值	二氧化硫/(mg/m^3)	0.3	5.0	13	5.0	13
	硫化氢/(mg/m^3)	0.1	3.0	14	3.0	14
	氯气/(mg/m^3)	0.1	0.3	0.6	0.3	0.6
	氯化氢/(mg/m^3)	0.1	1.0	3.0	1.0	3.0
	氟化氢/(mg/m^3)	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1
	氨气/(mg/m^3)	1.0	10	35	10	35
	氧化氮/(mg/m^3)	0.5	1.0	10	3.0	10

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-21 YA 系列电动机技术数据

型号	额定功率/kW(HP)		满载时								堵转转矩/额定转矩		堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	重量/kg
	温度组别		电流		转速/(r/min)	效率/%		功率因数 cosφ							
	T_1T_2	T_3	T_1T_2	T_3		T_1T_2	T_3	T_1T_2	T_3		T_1T_2	T_3			
同步转速 3000r/min(2 极),频率 50Hz,额定电压 380V															
YA801-2WF1	0.75(1.0)		1.8		2825	75		0.84			2.2		7.0	2.2	16
YA802-2WF1	1.1(1.5)		2.5		2825	77		0.86			2.2		7.0	2.2	17
YA90S-2WF1	1.5(2)		3.4		2840	78		0.85			2.2		7.0	2.2	22
YA90L-2WF1	2.2(3)		4.7		2840	82		0.86			2.2		7.0	2.2	25
YA100L-2WF1	3(4)		6.4		2880	82		0.87			2.2		7.0	2.2	34
YA112M-2WF1	4(5.5)		8.2		2890	85.5		0.87			2.2		7.0	2.2	45
YA132S1-2WF1	5.5(7.5)		11.1		2900	85.5		0.88			2.0		7.0	2.2	66
YA132S2-2WF1	7.5(10)		15		2900	86.2		0.88			2.0		7.0	2.2	71
YA160M1-2WF1	11(15)	—	21.8	—	2930	87.2	—	0.88	—		2.0	—	7.0	2.2	121
YA160M3-2WF1	15(20)	11(15)	29.4	21.2	2930	88.2	87.5	0.88	0.9		2.0	1.8	7.0	2.2	131
YA160L-2WF1	18.5(25)	15(20)	35.5	28.6	2930	89	88.5	0.89	0.9		2.0	1.8	7.0	2.2	145
YA180M-2WF1	22(30)	18.5(25)	42.2	34.9	2940	89	88.5	0.89	0.91		2.0	1.5	7.0	2.2	178
YA200L1-2WF1	30(40)	22(30)	56.9	41.5	2950	90	88.5	0.89	0.91		2.0	1.5	7.0	2.2	240
YA200L2-2WF1	37(50)	30(40)	69.8	56	2950	90.5	89.5	0.89	0.91		2.0	1.5	7.0	2.2	256
YA225M-2WF1	45(60)	37/50	84	68.3	2970	91.5	90.5	0.89	0.91		2.0	1.5	7.0	2.2	322
YA250M-2WF1	55(75)	45(60)	102.6	83	2970	91.5	90.5	0.89	0.91		2.0	1.5	7.0	2.2	400
YA280S-2WF1	75(100)	55(75)	137.6	100.9	2970	91	91	0.91	0.91		1.9	1.5	7.0	2.2	535
YA280M-2WF1	90(125)	75(100)	164.2	137.6	2970	91.5	91	0.91	0.91		1.9	1.5	7.0	2.2	590
YA315S2-2WF1	110	90	205.3	168	2970	92.5	92.5	0.88	0.88		1.1	1.2	7.0	2.2	1040
YA315M-2	132	110	242.3	205.3	2980	93	92.5	0.89	0.89		1.1	1.2	7.0	2.2	1400
YA315L-2	160	132	292.0	242.3	2980	93.5	93	0.89	0.89		1.1	1.2	7.0	2.2	1650
同步转速 1500r/min(4 极),频率 50Hz,额定电压 380V															
YA801-4WF1	0.55(0.75)		1.5		1390	73		0.74			2.2		6.5	2.2	17
YA802-4WF1	0.75(1)		2.1		1390	74.5		0.74			2.2		6.5	2.2	18
YA90S-4WF1	1.1(1.5)		2.8		1400	77.5		0.76			2.2		6.5	2.2	22
YA90L-4WF1	1.5(2)		3.7		1400	78.5		0.78			2.2		6.5	2.2	27
YA100L1-4WF1	2.2(3)		5.1		1420	81		0.81			2.2		7.0	2.2	33
YA100L3-4WF1	3(4)		6.9		1420	82.5		0.80			2.2		7.0	2.2	38
YA112M-4WF1	4(5.5)		8.9		1440	84.5		0.81			2.2		7.0	2.2	49
YA132S-4WF1	5.5(7.5)		11.8		1440	85.5		0.83			2.2		7.0	2.2	67
YA132M-4WF1	7.5(10)		15.6		1440	87		0.84			2.2		7.0	2.2	80
YA180M-4WF1	18.5(25)	—	35.9	—	1470	91	—	0.86	—		2.0	—	7.0	2.2	180
YA180L-4WF1	22(30)	18.5(25)	42.5	35.7	1470	91.5	90.5	0.86	0.87		2.0	1.9	7.0	2.2	198
YA200L-4WF1	30(40)	22(30)	56.8	42.5	1470	92.2	91.5	0.87	0.86		2.0	1.9	7.0	2.2	258
YA225S-4WF1	37(50)	30(40)	70.4	57.5	1480	91.8	91.2	0.87	0.87		1.9	1.9	7.0	2.2	303
YA225M-4WF1	45(60)	37(50)	84.2	69.8	1480	92.3	91.5	0.88	0.88		1.9	1.8	7.0	2.2	338
YA250M-4WF1	55(75)	45(60)	102.6	84.5	1480	92.6	92	0.88	0.88		2.0	1.7	7.0	2.2	425
YA280S-4WF1	75(100)	55(75)	139.7	101.8	1480	92.7	92.2	0.88	0.89		1.9	1.7	7.0	2.2	550
YA280M-4WF1	90(125)	75(100)	164.3	136.1	1480	93.5	93	0.89	0.9		1.9	1.7	7.0	2.2	565
YA315S2-4WF1	110	90	204.2	167.1	1485	93.0	93.0	0.88	0.88		0.9	1.0	6.8	2.2	1000
YA315M-4WF1	132	110	242.3	204.2	1485	93.0	93.0	0.89	0.89		0.9	1.0	6.8	2.2	1100
YA315L-4WF1	160	132	292.1	242.3	1485	93.5	93.0	0.89	0.89		0.9	1.0	6.8	2.2	1450

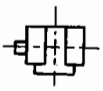
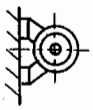
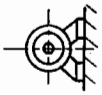
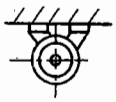
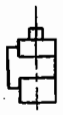
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

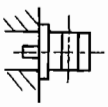
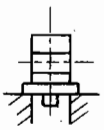
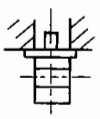
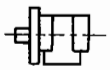
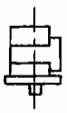
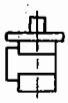
续表

型号	额定功率/kW(HP) 温度组别 T_1T_2	额定功率/kW(HP) 温度组别 T_3	满载时 电流 T_1T_2	满载时 电流 T_3	转速/(r/min)	效率/% T_1T_2	效率/% T_3	功率因数 cosφ T_1T_2	功率因数 cosφ T_3	堵转转矩/额定转矩 T_1T_2	堵转转矩/额定转矩 T_3	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	重量/kg
同步转速 1000r/min(6 极),频率 50Hz,额定电压 380V														
YA90S-6WF1	0.75(1)		2.2		910	72		0.7		2.0		6.0	2.0	23
YA90L-6WF1	1.1(1.5)		3.2		910	73		0.72		2.0		6.0	2.0	25
YA100L-6WF1	1.5(2)		4.1		940	77		0.73		2.0		6.0	2.0	33
YA112M-6WF1	2.2(3)		5.7		940	80		0.73		2.0		6.0	2.0	45
YA132S-6WF1	3(4)		7.3		960	83		0.75		2.0		6.5	2.0	63
YA132M1-6WF1	4(5.5)		9.4		960	84		0.77		2.0		6.5	2.0	73
YA132M2-6WF1	5.5(7.5)		12.6		960	85.3		0.78		2.0		6.5	2.0	80
YA160M-6WF1	7.5(10)		17.2		970	86		0.77		2.0		6.5	2.0	121
YA160L-6WF1	11(15)		25		970	87		0.77		2.0		6.5	2.0	139
YA180L-6WF1	15(20)		31.4		970	89.5		0.81		1.8		6.5	2.0	185
YA200L1-6WF1	18.5(25)		37.7		970	89.8		0.83		1.8		6.5	2.0	235
YA200L2-6WF1	22(30)		44.6		970	90.2		0.83		1.8		6.5	2.0	250
YA225M-6WF1	30(40)		60.2		980	90.2		0.84		1.7		6.5	2.0	303
YA250M-6WF1	37(50)		72		980	90.8		0.86		1.8		6.5	2.0	403
YA280S-6WF1	45(60)		85.4		980	92		0.87		1.8		6.5	2.0	527
YA280M-6WF1	55(75)		104.4		980	92		0.87		1.8		6.5	2.0	585
YA315S2-6WF1	75		143.2		990	92.5		0.87		1.5		6.8	1.5	1010
YA315M-6WF1	90		169.9		990	92.5		0.87		1.5		6.8	1.5	1100
YA315L-6WF1	110		207.7		990	92.5		0.87		1.5		6.8	1.5	1200
YA355M1-6WF1	132		246.5		990	93.5		0.87		1.5		6.8	1.5	1690
YA355M2-6WF1	160		298.8		990	93.5		0.87		1.5		7.0	1.5	1800
同步转速 750r/min(8 极),频率 50Hz														
YA132S-8WF1	2.2(3)		5.8		710	80.5		0.71		2.0		5.5	2.0	63
YA132M-8WF1	3(4)		7.8		710	81.5		0.72		2.0		5.5	2.0	79
YA160M1-8WF1	4(5.5)		10		720	84		0.72		2.0		6.0	2.0	120
YA160M2-8WF1	5.5(7.5)		13.3		720	85		0.74		2.0		6.0	2.0	131
YA200L-8WF1	15(20)		34.1		730	88		0.76		1.8		6.0	2.0	235
YA225S-8WF1	18.5(25)		41.3		730	89.5		0.76		1.7		6.0	2.0	276
YA225M-8WF1	22(30)		47.6		730	90		0.78		1.8		6.0	2.0	303
YA250M-8WF1	30(40)		63		730	90.5		0.80		1.8		6.0	2.0	402
YA280S-8WF1	37(50)		78.2		740	91		0.79		1.8		6.0	2.0	520
YA280M-8WF1	45(60)		93.4		740	91.5		0.80		1.8		6.0	2.0	581
YA315S1-8WF1	55		113.5		740	92.0		0.80		1.0		6.5	2.0	—
YA315M-8WF1	75		154.8		740	92.0		0.80		1.0		6.5	2.0	—
YA315L-8WF1	90		185.5		740	92.0		0.80		1.0		6.5	2.0	—
YA355M1-8WF1	110		225.8		740	92.5		0.80		1.0		6.5	2.0	—
YA355M2-8WF1	132		266.3		740	93.0		0.81		0.9		6.5	2.0	—
YA355L1-8WF1	160		321.0		740	93.5		0.81		0.9		6.5	2.0	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-22 安装结构型式

基本结构型式	B3					
安装结构型式	B3	B6	B7	B8	V5	V6
示意图						
制造范围（中心高）/mm	80～280	80～160				

基本结构型式	B5			B35		
安装结构型式	B5	V1	V3	B35	V15	V36
示意图						
制造范围（中心高）/mm	80～225	80～280	80～160	80～280	80～160	

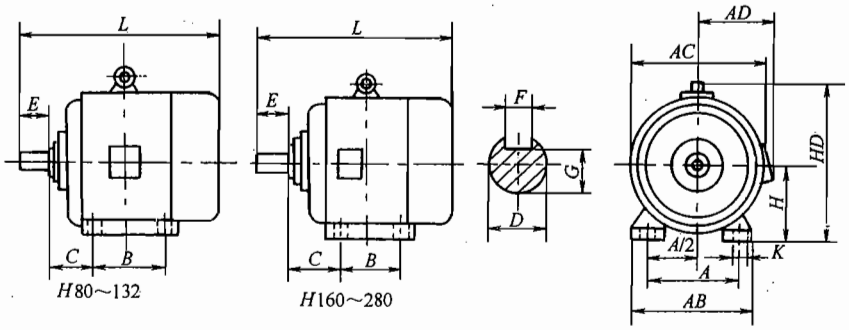


图 34-7 B3 型 YA 系列电动机

3.2 安装结构型式

YA 系列增安型三相异步电动机安装结构型式有三种，即 B3 型（机座带底脚，端盖无凸缘），B5 型（机座不带底脚，端盖有凸缘）和 B35 型（机座带底脚，端盖有凸缘），见表 34-22。

3.3 安装和外形尺寸

YA 系列增安型三相异步电动机安装及外形尺寸与户内、外防腐增安型异步电动机相同。

(1) B3 型（机座带底脚，端盖无凸缘）（见图 34-7、表 34-23）

(2) B5 型（机座不带底脚，端盖有凸缘）（见图 34-8、表 34-24）

(3) B35 型（机座带底脚，端盖有凸缘）（见图 34-9、表 34-25）

3.4 订货说明

订货时须注明电动机型号，功率，同步转速，电压，接法，频率，防爆标记，防腐等级，安装结构型式，进线方式。如订购 5.5kW，2 极，机座带底脚，端盖无凸缘，防爆温度组别为 T_3 组，防中等腐蚀的标准电动机可以写为：

YA132S-2WF1，5.5kW，3000r/min，380V，△接，50Hz，eⅡT_3，F1 级防腐，B3，电缆进线。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 34-23 B3 型 YA 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	极 数	A	A/2	B	C	D	E	F	G	H	K	AB	AC	AD	HD	L
80	2、4	125	62.5	100	50	19	40	6	15.5	80	10	165	165	190	170	300
90S	2、4、6	140	70	100	56	24	50	8	20	90	10	180	175	195	190	325
90L				125												350
100L	2、4、6	160	80	140	63	28	60		24	100	12	205	205	220	245	395
112M		190	95	140	70					112		245	230	230	265	415
132S	2、4、6	216	108	140	89	38	80	10	33	132	12	280	270	250	315	495
132M				178												530
160M	2、4、6、8	254	127	210	108	42	110	12	37	160	15	330	325	295	385	615
160L				254												660
180M	2、4、6、8	279	139.5	241	121	48		14	42.5	180		355	360	345	430	700
180L				279												740
200L	2、4、6、8	318	159	305	133	55		16	49	200	19	395	400	370	475	805
225S	4、8	356	178	286	149	60	140	18	53	225		435	450	405	530	850
225M	2			311		55	110	16	49							845
	4、6、8					60	140	18	53							875
250M	2	406	203	349	168					250	24	490	495	445	575	960
	4、6、8					65			58							
280S	2	457	228.5	368	190	75		20	67.5	280		550	555	470	640	1030
	4、6、8															
280M	2			419		65		18	58							1080
	4、6、8					75		20	67.5							

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

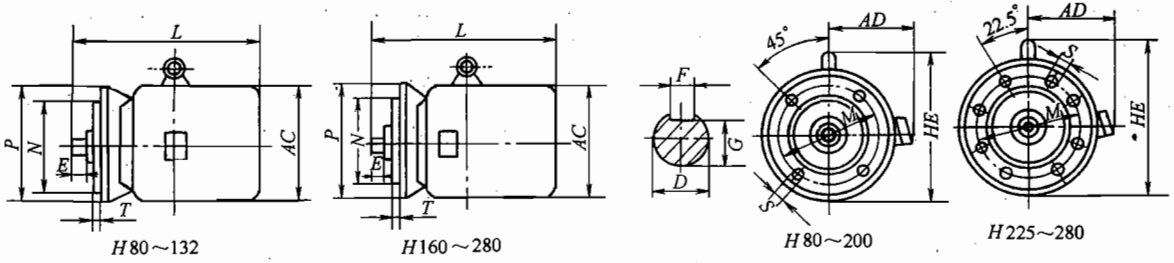


图 34-8 B5 型 YA 系列电动机

表 34-24 B5 型 YA 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	极 数	D	E	F	G	M	N	P	S	T	AC	AD	HE	L
80	2、4	19	40	6	15.5	165	130	200	12	3.5	165	190	185	300
90S	2、4、6	24	50	8	20						175	195	195	325
90L														350
100L	2、4、6	28	60		24	215	180	250	15	4	205	220	245	395
112M	2、4、6										230	230	265	415
132S	2、4、6、8	38	80	10	33	265	230	300			270	250	315	490
132M														530
160M	2、4、6、8	42	110	12	37	300	250	350	19	5	325	295	385	615
160L														660
180M	2、4、6、8	48		14	42.5						360	345	430	700
180L														740
200L	2、4、6、8	55		16	49	350	300	400			400	370	480	805
225S	4、8	60	140	18	53	400	350	450			450	405	535	850
225M	2	55	110	16	49						450	405	535	875
	4、6、8	60	140	18	53									960

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

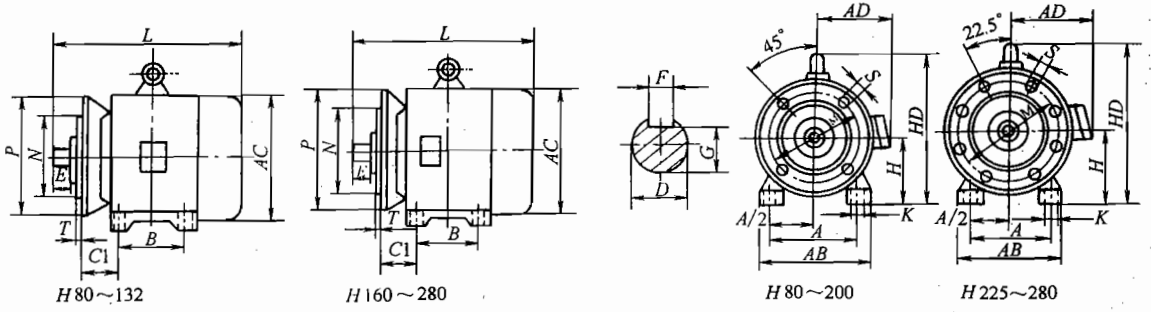


图 34-9 B35 型 YA 系列电动机

表 34-25 B35 型 YA 系列电动机安装和外形尺寸 /mm

机座号	极 数	A	A/2	B	C1	D	E	F	G	H	K	M	N	P	S	T	AB	AC	AD	HD	L
80	2、4	125	62.5	100	50	19	40	6	15.5	80	10	165	130	200	12	3.5	165	165	190	170	300
90S	2、4、6	140	70	100	56	24	50	8	20	90							180	175	195	190	325
90L				125																	350
100L	2、4、6	160	80	140	63	28	60		24	100	12	215	180	250	15	4	205	205	220	245	395
112M	2、4、6	190	95	140	70					112							245	230	230	265	415
132S	2、4、6、8	216	108	140	89	38	80	10	33	132		265	230	300			280	270	250	315	490
132M				178																	530
160M	2、4、6、8	254	127	210	108	42	110	12	37	160	15	300	250	350	19	5	330	325	295	385	615
160L				254																	660
180M	2、4、6、8	279	139.5	241	121	48		14	42.5	180							355	360	345	430	705
180L				279																	740
200L	2、4、6、8	318	159	305	133	55		16	49	200	19	350	300	400			395	400	370	475	805
225S	4、8	356	178	286	149	60	140	18	53	225		400	350	450			435	450	405	530	850
225M	2			311		55	110	16	49												845
	4、6、8					60	140	18	53												875
250M	2	406	203	349	168					250	24	500	450	550			490	495	445	575	960
	4、6、8					65			58												
280S	2	457	228.5	368	190					280							550	550	470	640	1030
	4、6、8					75		20	67.5												
280M	2			419		65		18	58												1080
	4、6、8					75		20	67.5												

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4 电动机的调速

4.1 交流异步电动机的调速

(1) 常用的交流调速方式（见表 34-26）

(2) 异步电动机的变频调速

交流电动机的转速公式为

$$n=\frac{60f_1}{p}(1-s)$$

式中 f_1——供电电源频率；

p——极对数；

s——转差率。

对于选定的一台电动机，p、s 为常数，改变 f_1 则可改变电动机的转速。

异步电动机的变频调速根据驱动的负载特性不同，可以选用以下几种控制方式。

① 保持$\frac{u_1}{f_1}$=常数的比例控制方式 当变频器的 f_1 降低时，电动机的转速降低，同时电动机的输入电压 u_1 也降低，由于电动机的输出转矩与电动机定子端电压的平方成正比，因此在低速时电动机输出转矩很低，这种控制方式只适用于调速范围不太大或转矩随转速下降而减少的负载（如风机、泵等）。

② 保持 M_m=常数的控制方式 这种控制方式适用于调速过程保持转矩恒定的负载。

③ 保持 p=常数的恒功率控制方式 这种控制方式在低速时可以获得较大的转矩。

(3) 变频调速的应用

① 变频调速为无级调速，可以适用各种防爆型异步电动机，特别适用于各种爆炸危险环境的无级调速。

② 变频器是一种价格较昂贵，技术上复杂的设备，一般变频器的价格要高于电动机本体价格，因此选择变频调速时必须考虑经济性，选择变频器必须仔细阅读变频器有关资料，根据负载特性及启动特性选择合适的变频器。

表 34-26 常用的交流调速方式

调速方式	性能及特点	应用范围
调节转子回路（绕线式电动机）	用凸轮或鼓形控制器不对称切除转子电阻，用控制屏对称切除转子电阻，调速范围不超过 1∶1.3	用于反复短时工作制的机械，如起重机等
串级调速（绕线式电动机）	在转子回路中通以可控直流比较电压 U_h，以改变电动机的转差率，达到平滑调速目的。特点是效率高，可把能量反馈到电网，闭环调速范围可达 1∶10 以上，但功率因数低	适用于大容量不可逆机械，如鼓风机、水泵
变频调速（鼠笼式电动机）	改变电动机电源频率和电压，以改变电动机同步转速	可以用于防爆、防腐异步电动机
变极调速（鼠笼式电动机）	改变电动机定子绕组或其接线方式，可获得 3～4 种成倍数的不同转速	适用于需要分级调速的机械
电磁转差调速感应电动机	调节电磁转差离合器的励磁电流，以调节从动轴（负荷端）的转速。特点是平滑无级调速，恒转矩负载时调速范围可达 1∶0～1∶30，特性硬度在 5% 以内	用于长期工作制不需逆转的机械
交流整流子电动机	改变整流子电动机的电刷位置，即可改变其转速。其特点是能均匀无级调速，调速范围 1∶3，必要时可制成 1∶20，为恒力矩特性，效率及功率因数都较高	用于长期工作制不需逆转的机械
可控硅交流调压调速	改变可控硅的移相角可以改变电动机的电压值，从而达到电动机的调速目的	用于长期工作制的机械

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.2 直流电动机的调速

直流电动机一般用改变直流电动机输入电压进行调速。其主要优点是：能平滑地无级调速，调速精度高，适用于对调速要求较高的场合；调速过程中电动机的输出转矩恒定；调速过程效率高。

缺点是有整流子及电刷，维护工作量大，不适用于有腐蚀性爆炸性介质的场所。

5 照明

按SH/T 3027—2003《石油化工企业照度设计标准》和GB 50034—2004《建筑照明设计标准》。

5.1 照明方式和种类

(1) 照明方式

照明方式可分为：一般照明，分区一般照明，局部照明和混合照明。

(2) 照明种类

照明种类可分为：正常照明，应急照明，值班照明，警卫照明和障碍照明。其中应急照明包括备用照明、安全照明和疏散照明，其适用原则应符合下列规定。

① 当正常照明因故障熄灭后，对需要确保正常工作和活动继续进行的场所，应装设备用照明。

② 当正常照明因故障熄灭后，对需要确保处于危险之中的人员安全的场所，应装设安全照明。

③ 当正常照明因故障熄灭后，对需要确保人员安全疏散的出口和通道，应装设疏散照明。

④ 值班照明宜利用正常照明中能单独控制的一部分或利用应急照明的一部分或全部。

⑤ 警卫照明应根据需要，在警卫范围内装设。

⑥ 障碍照明的装设，应严格执行所在地区航空或交通部门的有关规定。

5.2 光源种类

照明光源一般采用白炽灯、卤钨灯、荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯。各类光源特点见表34-27。应急照明应选用能快速点燃的光源。

5.3 照度标准（见表34-28）

表34-27 各类光源特点

序号	类 别	最大发光效率/(lm/W)	平均寿命/h	特 点	典型应用
1	白炽灯	～20	1000	价廉，易安装，使用方便，多品种，启动迅速	普通照明、局部照明
2	卤素灯	～25	2000	紧凑型，高光能输出，白色，易安装，比一般白炽灯寿命长	重点照明、泛光照明
3	荧光灯	～35	3000～8000	使用范围较广，高照明水平，使用经济	各种照明、公共建筑照明、办公室及生活设施照明
4	高压汞灯	～55	3500～6000	光效较高，寿命较长	路灯及一般工业照明
5	高压钠灯	～130	16000～24000	光效非常高，寿命极长，显色性较差	路灯及一般工业照明
6	金卤灯	～110	3000～10000	光效较高，寿命也较长，显色性极好	工业照明

表34-28 工作场所的照度标准

名 称	推荐照度值/lx	照度计算点	名 称	推荐照度值/lx	照度计算点
一、室内			一般控制室	200～300	控制屏的屏面（距地面1.7m）
主控制室	300～500	控制屏的屏面（距地面1.7m）		150～200	控制屏的水平面（距地面0.8m）
	250～300	控制屏的水平面（距地面0.8m）		120～150	控制屏的背面（距地面1.5m）
	150～200	控制屏背面（有观察仪表者距地面1.5m）	主压缩机房	100～150	距地面0.8m水平面

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名 称	推荐照度值/lx	照度计算点
一、室内		
泵房	100～150	距地面0.8m水平面
一般厂房及风机房	100～150	距地面0.8m水平面
与主控制室及配电室相邻的主要走廊	30～50	地面
电气控制室	250～300	控制屏的屏面(距地面1.7m)
	200～250	控制屏的水平面(距地面0.8m)
	150～200	控制屏背面(距地面1.5m)
高、低压配电室	100～200	柜前距地面0.8m平面
	50～100	柜后距地面0.8m平面
蓄电池室	40～60	距地面0.8m水平面
变压器室	30～50	变压器油枕处
实验室、分析室、化验室、计量间	100～300	工作台面
维修间	50～150	工作台面
车间、办公室、值班室	100～150	距地面0.8m水平面
100000级洁净区	300	距地面0.8m水平面
与洁净区相邻的走廊	200	距地面0.8m水平面
设计室、阅览室	500	距地面0.8m水平面
办公室、医务室	300	距地面0.8m水平面
食堂、车间休息室	200	距地面0.8m水平面
浴室、更衣室、厕所	150	距地面0.8m水平面
二、室外		
管架下泵区	40～75	距地面0.8m水平面
炉区、塔区	20～50	距地面0.8m水平面
操作平台	40～75	距地面0.8m水平面
栈桥	20～30	距地面0.8m水平面
设备区及框架区	20～50	距地面0.8m水平面
罐区操作区	20～30	地面
罐区非操作区	5～10	地面
污水处理场循环水场的池区及通道	5～10	地面
装卸车台		
(1)栈台	15～30	
(2)站场	3～5	地面
道 路		
(1)主干道	10～20	地面
(2)次干道、通道	3～10	地面

6 变电所布置的基本要求

按GB 50053—94《10kV及以下变电所设计规范》选择布置附属变电所。

① 对附属变电所位置的要求：

a. 接近负荷中心；

b. 进出线方便；

c. 接近电源侧；

d. 设备运输方便；

e. 不应设在有剧烈振动或高温的场所；

f. 不宜设在多尘或有腐蚀性气体的场所，当无法远离时，不应设在污染源盛行风向的下风侧；

g. 不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方，且不宜与上述场所相贴邻；

h. 不应设在有爆炸危险环境的正上方或正下方，且不宜设在有火灾危险环境的正上方或正下方，当与有爆炸或火灾危险环境的建筑物毗连时，应符合现行国家标准GB 50058—92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》的规定；

i. 不应设在地势低洼和可能积水的场所；

j. 爆炸危险区域附近的变电所的室内地面应高出室外地面0.6m。

② 配电装置的布置和导体、电器、架构的选择，应符合正常运行、检修、短路和过电压等情况的要求。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第35章 常用设备系列

1 容器系列

1.1 容器型式

原JB标准已取消。下列基本参数可供参考。

① 常压平底、平盖容器见图35-1、表35-1。

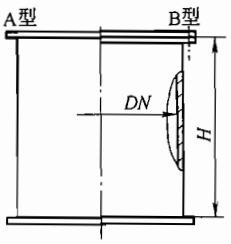


图35-1

(A型为不可拆式，B型为可拆式，B型适用 $DN \leqslant 1200mm$)

表35-1 尺寸参数

公称容积 VN /m³	公称直径 DN /mm	高度 H /mm	公称容积 VN /m³	公称直径 DN /mm	高度 H /mm
0.06	400	600	2.5	1200	2200
0.1		800		1400	1600
0.15	500		3		2200
0.2		1000		1600	1600
0.3	600	1200	4		2200
0.5	700	1400		1800	1800
0.8	800	1600	5	1600	2600
1	900			1800	2000
1.5	1000	2000	6		2400
2	1200	1800		2000	2000
	1400	1400	8		2600
				2200	2200

② 常压平底、锥盖容器见图35-2、表35-2。

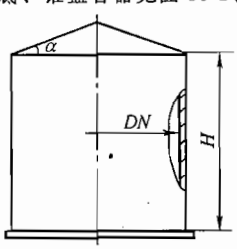


图35-2

表35-2 尺寸参数

公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm	
	公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H
10	2000	3000	20	2800	3200
	2200	2600			4000
12		3200	25	3000	3600
	2400	2600	32		4400
16		3400	40	3200	4800
	2600	3000	50	3600	
20		3600	63	3800	5400
			80	4000	6200

③ 常压90°无折边锥形底、平盖容器见图35-3、表35-3。

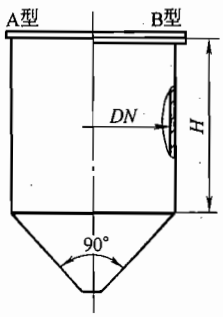


图35-3

(A型为不可拆，B型为可拆，B型适用于 $DN \leqslant 1200mm$)

表35-3 尺寸参数

公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm	
	公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H
0.06	400	450	2.5	1400	1400
0.1	500	500	3	1200	2400
0.15		700		1400	1600
0.2	600	600	4		2400
0.3	700	700		1600	1600
0.5	800	800	5		2000
0.8	900	1000		1800	1600
1	1000		6	1600	2600
1.5	1200	1200		1800	2000
2	1000	2200	8		2800
	1200	1400		2000	2000
2.5		2000			

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

④ 立式无折边球形封头容器（$P \leqslant 0.07$MPa）容器的型式及基本参数见图 35-4、表 35-4。

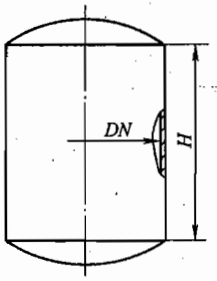


图 35-4

表 35-4 尺寸参数

公称容积 VN/m^3	筒体/mm		公称容积 VN/m^3	筒体/mm	
	公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H
0.06	400	600	2.5	1400	1400
0.1		800	3	1200	2400
0.15	500	800	3	1400	1800
0.2		1000	4		2400
0.3	600			1600	1800
0.5	700	1200	5	1400	3000
0.3	800	1600		1600	2400
1	900		6		2800
1.5	1000	1800		1800	2200
2		2600	8		3000
	1200	1600		2000	2400
2.5		2000			

⑤ 90°折边锥形底、椭圆形盖容器（$P \leqslant 0.6$MPa）容器的型式及基本参数见图 35-5 及表 35-5。

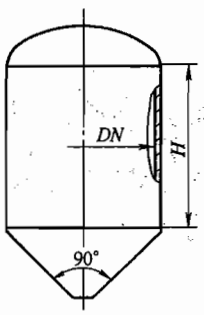


图 35-5

表 35-5 尺寸参数

公称容积 VN/m^3	筒体/mm		公称容积 VN/m^3	筒体/mm	
	公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H
0.06	400	400	2.5	1400	1200
0.1		600	3	1200	2200
0.15	500			1400	1400
0.2		800	4		2000
0.3	600			1600	1400
0.5	700	1000	5	1400	2600
0.8	800	1200		1600	1800
1	900		6		2400
1.5	1000	1600		1800	1800
2		2000	8		2400
	1200	1200		2000	1800
2.5		1800			

⑥ 立式椭圆形封头容器（$P \leqslant 4.0$MPa）容器的型式及基本参数见图 35-6、表 35-6。

表 35-6 尺寸参数

公称容积 VN/m^3	筒体/mm		公称容积 VN/m^3	筒体/mm		公称容积 VN/m^3	筒体/mm		公称容积 VN/m^3	筒体/mm	
	公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H		公称直径 DN	高度 H
0.06	400	400	2.5	1200	1800	10	1800	3400	25	2200	5800
0.1		600		1400	1200		2000	2600		2400	4800
0.15	500		3	1200	2200	12	1800	4200		2600	3800
0.2		800		1400	1600		2000	3200	32	2200	7600
0.3	600		4	1200	3200		2200	2400		2400	6200
0.5	700	1000		1400	2200	16	2000	4400		2600	5200
0.8	800	1200	5		2800		2200	3400		2400	8000
1		1800		1600	2000		2400	2800	40	2600	6600
1.5	1000	1600	6	1400	3400	20	2200	4600		2800	5600
2		2200		1600	2600		2400	3600			
	1200	1400	8	1800			2600	3000			

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

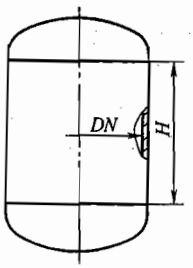


图 35-6

⑦ 卧式无折边球形封头容器（$P \leqslant 0.07$MPa）容器的型式及基本参数见图 35-7、表 35-7。

⑧ 卧式椭圆形封头容器（$P \leqslant 4$MPa）容器的型式及基本参数见图 35-8、表 35-8。

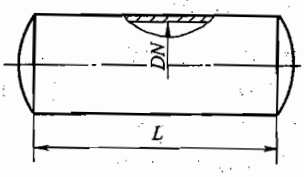


图 35-7

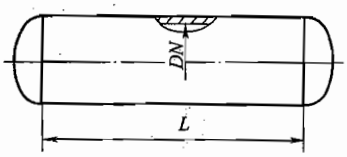


图 35-8

表 35-7 尺寸参数

公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm	
	公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L
0.5	600	1800	4	1200	4400	12	1600	5800	32	2400	7000
0.8	700	2000	5	1400	3000		1800	4400		2600	5600
1	800		6		3800	16		6000	40	2400	8600
1.5	900	2400		1600	2800		2000	4800		2800	6000
2	1000	2600	8	1400	5000	20		6000			
2.5		3000		1600	3800		2200	5000	50	2600	9000
3		3800	10		4800	25		6400		3000	7000
4	1200	3400		1800	3600		2400	5200			

表 35-8 尺寸参数

公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm		公称容积 VN/m³	筒体/mm	
	公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L		公称直径 DN	长度 L
0.5	600	1600	6	1600	2600	25	2000	7400	50	2800	7200
0.8	700	1800	8	1400	4800		2200	5800	63	2600	11000
1	800			1600	3600		2400	4800		2800	9400
1.5		2800	10		4400	32	2000	9400		3000	8000
2	900			1800	3400		2200	7600	80	2600	14200
2.5	1000		12	1600	5600		2400	6200		2800	12000
3		3400		1800	4200	40	2200	9800		3000	10200
4	1200	3200	16		5600		2400	8000	100	2800	15200
5		4000		2000	4400		2600	6600		3000	13200
	1400	2800	20		5800	50	2400	10200			
6		3400		2200	4600		2600	8400			

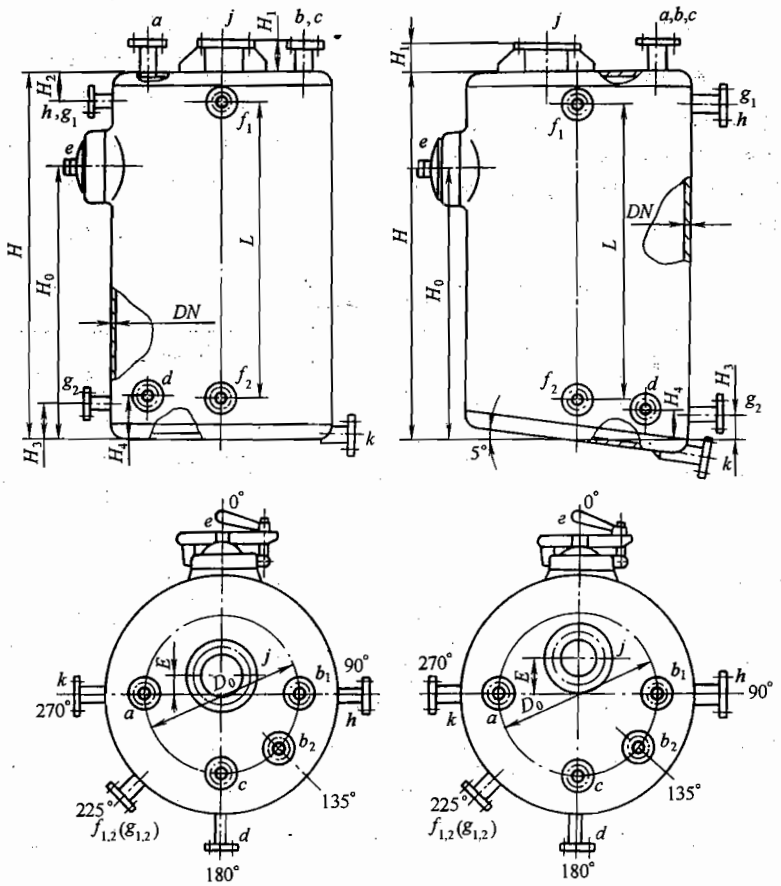
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2 立式薄壁常压容器

立式薄壁常压容器是由原上海医药工业设计院从工程引进项目中吸收开发了立式薄壁常压容器系列。该容器系列在结构上加以改进，在保证容器的刚度和强度下减薄容器壁厚，较原JB标准系列减轻重量15%～45%，另外，底部出料采用全放净结构，人、手孔为轻型快开结构，容器内壁均圆滑过渡，法兰采用翻边活套法兰。也可用作搅拌容器。

1.2.1 平底平盖型、斜底平盖型系列

该系列容器的结构型式及基本参数见图35-9，表35-9和表35-11。



平底平盖型　　斜底平盖型

*VN*0.15～1.5m³

图 35-9

表 35-9 基本参数　　/mm

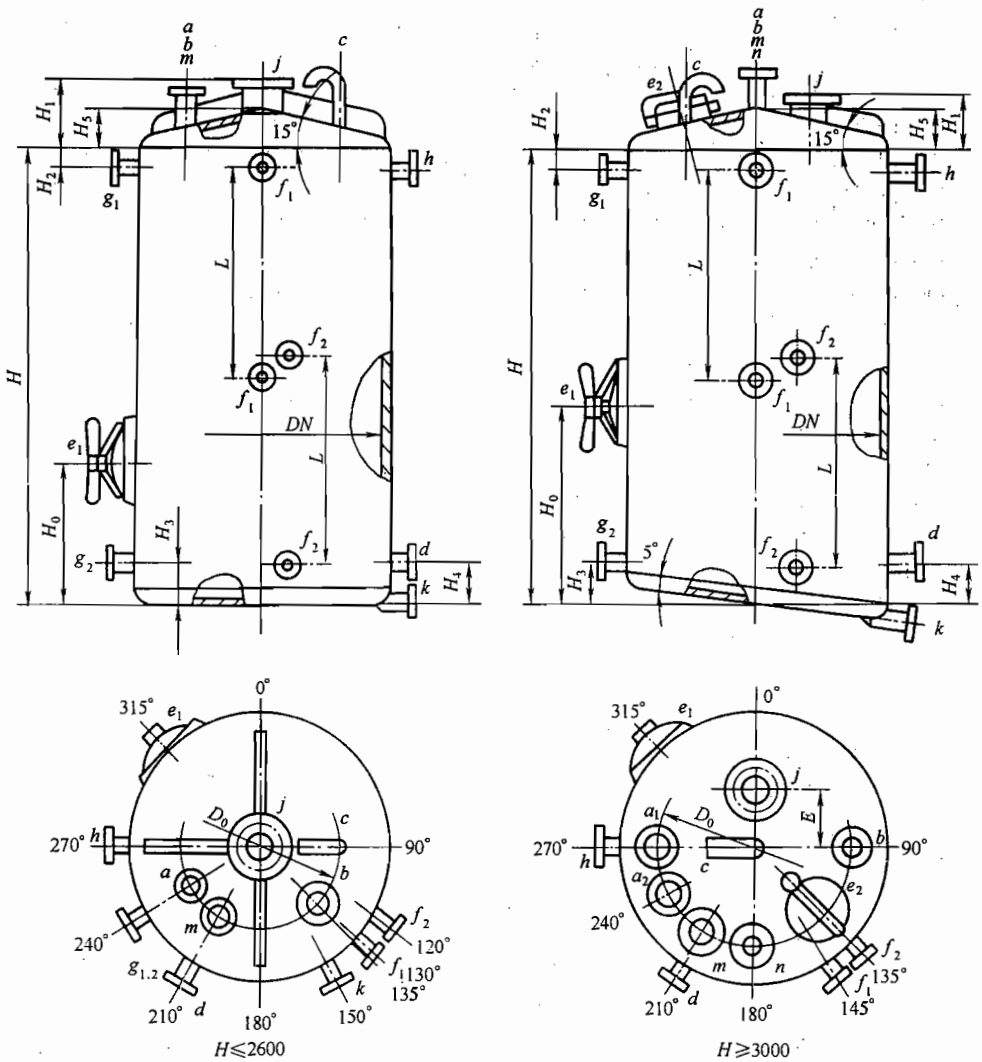
VN /m³	*DN*	*H*	H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	D_0	*E* 偏心搅拌	质量/kg 不锈钢	质量/kg 碳钢
0.15	500	800	—	80	120	150	60	350	80	38.5	52
0.2	500	1000	—	80	120	150	60	350	80	44	60
0.3	600	1200	—	80	120	150	60	420	100	58	80
0.5	700	1400	—	80	140	200	60	500	110	78	108
0.8	800	1600	—	80	150	200	60	550	130	140	150
1	900	1600	—	80	160	200	60	650	150	162	180
1.5	1000	2000	600	80	180	200	60	700	160	220	300

注：碳钢腐蚀裕度1mm。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.2.2 平底锥盖型、斜底锥盖型系列

该系列容器的结构型式及基本参数见图 35-10，表 35-10 和表 35-11。



VN2～100m³

图 35-10

表 35-10 基本参数 /mm

VN /m³	DN	H	H_0	H_1		H_2	H_3	H_4	H_5	D_0	E		质量/kg	
				$E=0$	$E\neq0$						中心搅拌	偏心搅拌	不锈钢	碳钢
2	1200	1800	600	260	210	180	250	100	183	850	0	200	250	330
2	1400	1400	600	260	230	120	200	100	210.5	1000	0	230	280	370
2.5	1200	2200	600	260	240	200	300	100	183	850	0	200	290	390
2.5	1400	1600	600	260	230	160	240	100	210.5	1000	0	230	310	415
3	1400	2200	600	260	230	200	300	100	210.5	1000	0	230	360	480

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

VN /m³	DN	H	H_0	H_1		H_2	H_3	H_4	H_5	D_0	E		质量/kg	
				E=0	E≠0						中心搅拌	偏心搅拌	不锈钢	碳钢
3	1600	1600	600	285	247	160	240	120	237	1150	0	260	345	460
4	1600	2200	600	285	247	200	300	120	237	1150	0	260	440	590
4	1800	1800	600	312	285	180	250	120	264	1250	0	300	450	600
5	1600	2600	600	285	247	250	380	120	237	1150	0	260	495	660
5	1800	2000	600	312	285	200	300	120	264	1250	0	300	490	650
6	1800	2400	600	305	265	240	360	120	264	1250	0	300	545	730
6	2000	2000	600	330	285	200	300	150	291	1400	0	320	550	740
8	2000	2600	600	330	285	260	380	150	291	1400	0	320	650	860
8	2200	2200	600	360	300	220	320	150	318	1550	0	360	650	860
10	2000	3000	600	340	295	300	400	150	291	1400	0	320	715	955
10	2200	2600	600	360	300	260	380	150	318	1550	0	360	730	975
12	2200	3200	600	360	300	320	400	150	318	1550	0	360	835	1115
12	2400	2600	600	385	320	260	380	180	344.5	1700	0	400	830	1105
16	2400	3400	600	400	340	340	340	180	344.5	1700	0	400	990	1320
16	2600	3000	600	425	355	300	300	180	371	1800	0	430	1000	1330
20	2600	3600	600	425	355	360	360	180	371	1800	0	430	1135	1515
20	2800	3200	600	450	375	320	320	180	398	1950	0	460	1115	1380
25	2800	4000	600	450	375	400	400	180	398	1950	0	460	1335	1980
25	3000	3600	600	480	390	360	360	180	425	2100	0	500	1345	1795
32	3000	4400	600	465	390	440	400	180	425	2100	0	500	1532	2040
40	3200	4800	600	490	410	480	400	200	452	2250	0	530	1760	2347
50	3600	4800	600	545	445	480	400	200	505	2500	0	600	2068	2760
63	3800	5400	600	570	470	540	400	200	532	2650	0	630	3130	3910
80	4000	6200	600	600	480	620	400	200	559	2800	0	660	3755	4690
100	4200	7300	600	625	500	730	400	200	580	3000	0	700	4440	5550

表 35-11 立式薄壁容器管口规格和用途 /mm

公称容积 VN/m³	进料口 $a_{1,2}$	备用口 $b_{1,2}$	排气口 c	人手孔 $e_{1,2}$	出料口 d	液面计口 $f_{1,2}$	溢流口 h	放净口 k	回流口 m	检查口 n	自控液位口 $g_{1,2}$	搅拌口 j
0.15	25	40	20	e_1=150	—	20	40	25	—	—	—	按选用的减速机机座配
0.2	40	50	25				50	40				
0.3												
0.5												
0.8	50	70		e_1=200			70	50			80	
1.5												
2.0				e_1=400×300	50							
2.5			40									
3.0												
4.0												
5.0	70	80	50	e_1=450×350 e_2=500	70		80	70				
6.0												
8.0												
10.0												
12									70	150		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称容积 VN/m^3	进料口 $a_{1,2}$	备用口 $b_{1,2}$	排气口 c	人手孔 $e_{1,2}$	出料口 d	液面计口 $f_{1,2}$	溢流口 h	放净口 k	回流口 m	检查口 n	自控液位口 $g_{1,2}$	搅拌口 j
16	80	100	70	e_1=500×400 e_2=500	80	20	100	80	80	150	80	按选用的减速机机座配
20												
25												
32												
40												
50												
63												
80			80	e_1=500×400 e_2=600								
100												

1.3 钢制立式圆筒形固定顶储罐系列（HG 21502.1—1992）

本标准储罐适用于储存石油、石油产品及化工产品。

1.3.1 设计参数

① 设计压力：−0.5～2kPa。

② 设计温度：−19～15℃。

③ 公称容积：100～30000m³。

④ 公称直径：5200～44000mm。

⑤ 腐蚀裕度：1mm。

⑥ 设计载荷：基本风压值 0.5kPa，雪载荷 0.45kPa，罐顶附加载荷 1.2kPa，抗震设防烈度 7 度。

⑦ 材料选择：根据建罐区的最低日平均温度加 13℃决定罐壁材料。

1.3.2 结构型式（见图 35-11）

1.3.3 基本参数及尺寸

储液密度 $\rho \leqslant 1000kg/m^3$ 的储罐，其基本参数和尺寸见表 35-12。

储液密度 $\rho \leqslant 1200kg/m^3$ 的储罐，其基本参数和尺寸见表 35-13。

储罐管口用途见图 35-11。

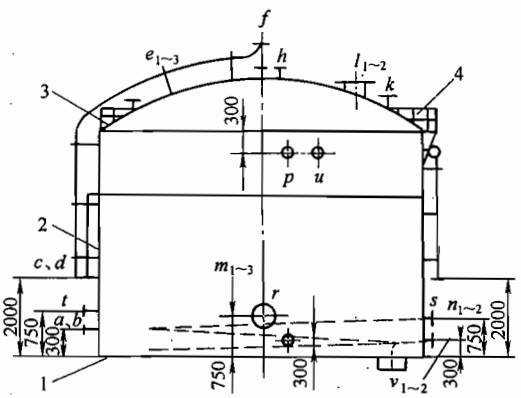


图 35-11 固定顶储罐

1—罐底；2—罐壁；3—罐顶；4—梯子平台

a—进料口；b—出料口；c—罐顶喷淋水入口；d—罐壁喷淋水入口；$e_{1\sim3}$—钢带液位计口；f—呼吸阀；h—液压安全阀；k—量油孔；$l_{1\sim2}$—透光孔；$m_{1\sim3}$—人孔；$n_{1\sim2}$—蒸汽进出口；p，r—压差液面计口；s—消防泡沫入口；t—温度计口；u—膨胀口；$v_{1\sim2}$—排污口

表 35-12 固定顶储罐基本参数和尺寸（一）

标准序号	公称容积 /m³	计算容积 /m³	储罐内径 ϕ/mm	高度/mm 罐壁高度	高度/mm 拱顶高度	高度/mm 总高	罐体材料	设计温度/设计压力 /(℃/kPa)	储罐总重 /kg
201 HG 21502.1—1992-202 203	100	110	5200	5200	554	5754	Q235-A.F	−19～150 / −0.5～2	6135
204 HG 21502.1—1992-205 206	200	220	6550	6550	700	7250			9760

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

标准序号	公称容积 /m³	计算容积 /m³	储罐内径 ϕ/mm	高度/mm 罐壁高度	高度/mm 拱顶高度	高度/mm 总高	罐体材料	设计温度/设计压力 /(℃/kPa)	储罐总重 /kg
207 HG 21502.1—1992-208 209	300	330	7500	7500	805	8305	Q235-A.F	−19～150 −0.5～2	12760
210 HG 21502.1—1992-211 212	400	440	8250	8250	887	9137			15290
213 HG 21502.1—1992-214 215	500	550	8920	8920	972	9892			17745
216 HG 21502.1—1992-217 218	600	660	9500	9315	1023	10338			21840
219 HG 21502.1—1992-220 221	700	770	10200	9425	1112	10537			23160
222 HG 21502.1—1992-223 224	800	880	10500	10165	1132	11297			25250
225 HG 21502.1—1992-226 227	1000	1100	11500	10650	1241	11891	Q235-A		30200
228 HG 21502.1—1992-229 230	1500	1645	13500	11500	1468	12968			40344
231 HG 21502.1—1992-232 233	2000	2220	15780	11370	1721	13091			52690
234 HG 21502.1—1992-235 236	3000	3300	18900	11760	2049	13809			76785
237 HG 21502.1—1992-238 239	5000	5500	23700	12530	2573	15103	20R		126195
240 HG 21502.1—1992-241 242	10000	11000	31000	14580	3368	17948			232035
243 HG 21502.1—1992-244 245	20000	23500	42000	17000	4546	21546	16MnR		473430
246 HG 21502.1—1992-247 248	30000	31300	44000	20600	4788	25388			642425

注：1. 计算容积为按罐壁高度和储罐内径计算所得的圆筒几何容积。

2. 储液密度 $\rho=1000kg/m^3$。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-13 固定顶储罐基本参数和尺寸（二）

标准序号	公称容积 /m³	计算容积 /m³	储罐内径 ϕ/mm	高度/mm 罐壁高度	高度/mm 拱顶高度	高度/mm 总高	罐体材料	设计温度/设计压力 /(℃/kPa)	储罐总重 /kg
249 HG 21502.1—1992-250 251	100	110	5200	5200	554	5754	Q235-A.F	−19～150 −0.5～2	6135
252 HG 21502.1—1992-253 254	200	220	6550	6550	700	7250			9760
255 HG 21502.1—1992-256 257	300	330	7500	7500	805	8305			12760
258 HG 21502.1—1992-259 260	400	440	8250	8250	887	9137			15290
261 HG 21502.1—1992-262 263	500	550	8920	8920	972	9892			17745
264 HG 21502.1—1992-265 266	600	660	9500	9315	1023	10338			21840
267 HG 21502.1—1992-268 269	700	770	10200	9425	1112	9425			23615
270 HG 21502.1—1992-271 272	800	880	10500	10165	1132	11297			25720
273 HG 21502.1—1992-274 275	1000	1100	11500	10650	1241	11891	Q235-A		31220
276 HG 21502.1—1992-277 278	1500	1645	13500	11500	1468	12968			42740
279 HG 21502.1—1992-280 281	2000	2220	15780	11370	1721	13091			56195
282 HG 21502.1—1992-283 284	3000	3300	18900	11760	2049	13809	20R		80980
285 HG 21502.1—1992-286 287	5000	5500	23700	12530	2573	15103			135665
288 HG 21502.1—1992-289 290	10000	11000	31000	14580	3368	17948			249820

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

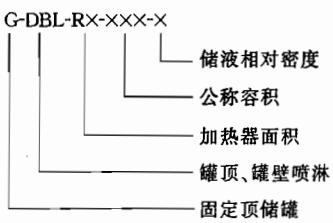
续表

标准序号	公称容积 /m³	计算容积 /m³	储罐内径 ϕ/mm	高度/mm 罐壁高度	拱顶高度	总高	罐体材料	设计温度/设计压力 /(℃/kPa)	储罐总重 /kg
291 HG 21502.1—1992-292 293	20000	23500	42000	17000	4546	21546	16MnR	−19～150 −0.5～2	507205
294 HG 21502.1—1992-295 296	30000	31300	44000	20600	4788	25388			704910

注：1. 计算容积为按罐壁高度和内径计算所得的圆筒几何容积。

2. 储液密度 ρ=1200kg/m³。

1.3.4 型号标记



示例

① 公称容积 5000m³，储液相对密度 $\gamma\leqslant 1$，加热面积 40m² 的固定顶储罐，其标记代号为 G-R40-5000-1（HG 21502.1—1992-239）。

② 公称容积 5000m³，储液相对密度 $\gamma\leqslant 1.2$，罐顶、罐壁喷淋的固定顶储罐，其标记代号为 G-DBL-5000-1.2（HG 21502.1—1992-286）。

③ 公称容积 100m³，储液相对密度 $\gamma\leqslant 1.2$，罐顶喷淋的固定顶储罐，其标记代号为 G-DL-100-1.2（HG 21502.1—1992-250）。

1.4 钢制立式圆筒形内浮顶储罐系列（HG 21502.2—1992）

本标准储罐适用于储存易挥发的石油及石油化工产品。

1.4.1 设计参数

① 设计压力：0kPa。

② 设计温度：−19～18℃。

③ 公称容积：100～30000m³。

④ 公称直径：4500～44000mm。

⑤ 腐蚀裕度：1mm。

⑥ 设计载荷：基本风压 0.5kPa，雪载荷 0.45kPa，罐顶附加载荷 0.7kPa，抗震设防烈度 7 度。

⑦ 材料选择：根据建罐区的最低日平均温度，加 13℃ 决定罐壁材料（Q235-A.F；Q235-A，20R，16MnR）。

1.4.2 基本参数及尺寸

内浮顶储罐结构见图 35-12。储液密度 $\rho\leqslant$ 1000kg/m³ 的储罐，其基本参数及尺寸见表 35-14。

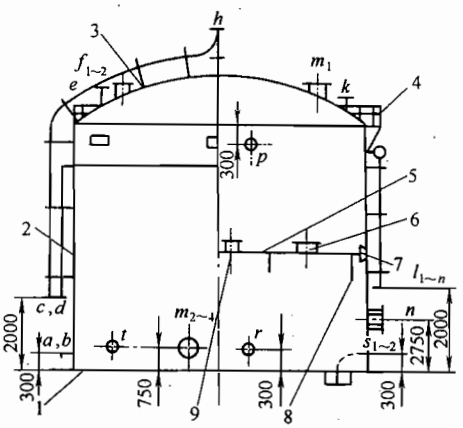
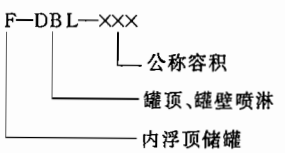


图 35-12 内浮顶储罐

1—罐底；2—罐壁；3—罐顶；4—梯子、平台；5—内浮盘；6—浮盘人孔；7—软密封；8—浮盘立柱；9—自动通气阀

a—进料口；b—出料口；c—罐顶喷淋水入口；d—罐壁喷淋水入口；e—钢带液位计口；$f_{1\sim2}$—透光孔；h—通气孔；k—量油口；$l_{1\sim n}$—消防泡沫入口；$m_{1\sim4}$—罐顶罐壁人孔；n—带芯人孔；p,r—压差液面计口；$s_{1\sim2}$—排污口；t—温度计口

1.4.3 型号标记



标记示例

(1) 公称容积 100m³ 内浮顶储罐

F-100（HG 21502.2—1992-102）。

(2) 公称容积 100m³ 罐顶喷淋内浮储罐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-14 内浮顶储罐基本参数及尺寸

标准序号	公称容积 /m^3	计算容积 /m^3	储罐内径 ϕ/mm	高度/mm 罐壁高度	高度/mm 拱顶高度	高度/mm 总高	浮盘板厚	罐体材料	设计温度 设计压力 /(℃/kPa)	储罐总重 /kg
HG 21502.2—1992-101 102	100	110	4500	7850	477	8327	5	Q235-A.F	$\frac{-19\sim80}{0}$	8170
HG 21502.2—1992-103 104	200	220	5500	10260	587	10847	5			12620
HG 21502.2—1992-105 106	300	320	6500	10650	695	11345	5			15980
HG 21502.2—1992-107 108	400	430	7500	10650	805	11455	6			19280
HG 21502.2—1992-109 110	500	530	8200	11000	881	11881	5			22220
HG 21502.2—1992-111 112	600	635	9000	11000	969	11969	5			25835
HG 21502.2—1992-113 114	700	764	9200	12500	991	13491	5			28720
HG 21502.2—1992-115 116	800	864	10000	12000	1078	13078	5			31925
HG 21502.2—1992-117 118	1000	1140	11500	12000	1254	13254	5	Q235-A		39430
HG 21502.2—1992-119 120	1500	1650	13000	13500	1405	14905	5			51425
HG 21502.2—1992-121 122	2000	2186	14500	14350	1569	15919	5			60950
HG 21502.2—1992-123 124	3000	3360	17000	15850	1841	17691	5		$\frac{-19\sim80}{0}$	89485
HG 21502.2—1992-125 126	5000	5360	21000	16500	2278	18778	5	20R		134435
HG 21502.2—1992-127 128	10000	10700	30000	16500	3260	19760	5			286520
HG 21502.2—1992-129 130	20000	22400	42000	17500	4546	22046	5	16MnR		510885
HG 21502.2—1992-131 132	30000	31300	44000	22000	4788	26788	5			690270

注：1. 计算容积为罐底上表面到罐壁气孔下沿的圆筒几何容积。

2. 内浮盘材料为 Q235-A。

F-DL-100（HG 21502.2—1992-101）。

(3) 公称容积 5000m^3 罐顶、罐壁喷淋的内浮顶储罐 F-DBL-5000（HG 21502.2—1992-125）。

1.5 钢制低压湿式气柜（HG 20517—1992）（HG/T 21549—1999）

本标准适用于化工、石油化工气体的储存、缓冲、稳压、混合等气柜的设计。

1.5.1 设计参数

① 设计压力 不大于 4000Pa。

② 公称容积 无外导架直升气柜：50～1000m^3；有外导架直升气柜：200～30000m^3；螺旋气柜：1000～100000m^3。

③ 雪荷载 不大于 690Pa。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

④ 风载荷 有外导架直升气柜：不大于850Pa；无外导架直升气柜及螺旋气柜：不大于500Pa。

⑤ 地震设防烈度：8度（Ⅱ类场地土）。

1.5.2 分类

(1) 按导轨形式分类

螺旋气柜（导轨为螺旋形的气柜），外导架直升式气柜（导轨为带外导架的直导轨气柜）和无外导架直升式气柜（导轨焊接于活动节塔壁上的直导轨气柜）的结构如图35-13～图35-15所示。

(2) 按活动塔节的节数分类

气柜系由水槽与各活动塔节组成，只有一个活动塔节的气柜为单节气柜，活动塔节为两个或两个以上的气柜为多节气柜。

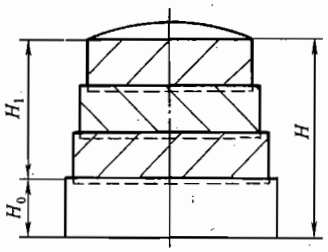


图35-13 螺旋气柜

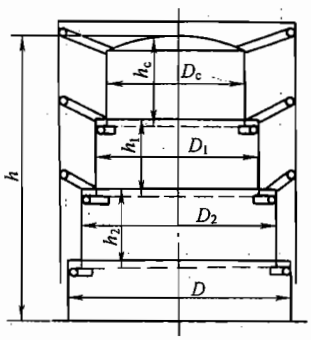


图35-14 外导架直升式气柜

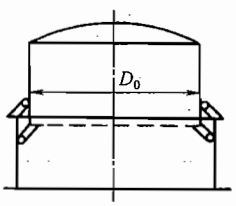


图35-15 无外导架直升式气柜

1.5.3 主要基本参数的确定

(1) 气柜有效容积计算（参见图35-16）

$$V=\frac{\pi}{4}[D_1^2(h_1-L_1)+D_2^2h_2+\cdots+D_n^2(h_n-f)] \quad (35\text{-}1)$$

式中 D_1，D_2，…，D_n——分别为钟罩、中节Ⅰ，中节Ⅱ…的内径，m；

h_1——钟罩浸入水槽的深度，m；

h_2，…，h_n——分别为中节Ⅰ、中节Ⅱ…全开起后的有效高度，m；

L_1——安全罩帽插入深度（当不设安全罩帽时 $L_1=0$），m；

f——最下一节活动节升至极限位置时，活动节底的液位，m。

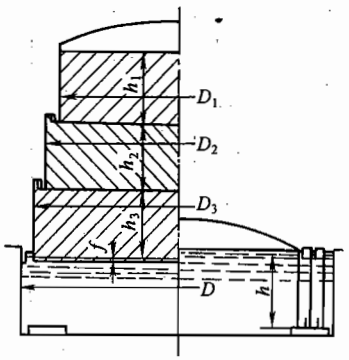


图35-16 气柜结构示意

(2) 径高比 $D:H$（水槽直径比柜体总高度）

外导架直升式气柜，一般取 $D:H=0.8\sim1.2$。螺旋气柜和无外导架直升气柜，一般取 $D:H=1.0\sim1.65$。对小型、单节气柜取小值，大中型、多节气柜可取较大值。

(3) 活动节最大升降速度

$$V_{max}\leqslant 0.9\sim1.2\text{m/min}。$$

(4) 气柜活动节节数 n

按公称容积 VN，确定活动节节数。

$VN\leqslant 2500\text{m}^3$ 时，取 $n=1$；

$2500\text{m}^3<VN<10000\text{m}^3$ 时，取 $n=2$；

$10000\text{m}^3\leqslant VN<50000\text{m}^3$ 时，取 $n=3$；

$50000\text{m}^3\leqslant VN<100000\text{m}^3$ 时，取 $n=4$。

(5) 塔节间隙 Δr（相邻两塔节内半径之差）

直导轨气柜

$\Delta r=400\sim450\text{mm}$，一般取 $\Delta r=450\text{mm}$。

螺旋气柜

$\Delta r=450\sim500\text{mm}$，一般取 $\Delta r=500\text{mm}$。

(6) 水封挂圈、安全帽插入水中深度、活动节升起的极限高度，由设计者按本标准确定

1.5.4 气柜选用原则

(1) 无外导架直升气柜

① 结构简单，导轨制作容易。

② 钢材消耗比有外导架直升气柜少，与螺旋气柜相当。

③ 安装高度低，仅相当于水槽高度，施工方便、安全。

④ 抗倾覆性能差，台风区、高烈度地震区不宜采用。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑤ 一般仅用于一节小型气柜。

(2) 有外导架直升气柜

① 有外导架抗倾覆（主要是风和地震力）性能好，适用于高烈度地震区。

② 导轨制作、安装较容易。

③ 外导架高度大，施工需高空作业，需采用必要的安全措施。

④ 钢材消耗比螺旋气柜约多15%～25%。

⑤ 适用于大、中、小型气柜。

(3) 螺旋气柜

① 较有外导架用钢量少，气柜越大，省材越多。

② 安装高度低，仅相当于水槽高度，施工方便、安全。

③ 抗倾覆性能虽不及外导架直升气柜，但升起后的稳定性仍较好。

④ 导轨加工困难，制造、安装精度要求较高。

⑤ 广泛用于大、中、小型气柜。

1.5.5 标记

(1) 标记方法

HG/T XXXXX.X-XX-X 气柜XX XX

- XX：公称容积
- 气柜XX：结构型式代号：WD——无外导架直升气柜；YD——有外导架直升气柜；LD——螺旋气柜
- HG/T XXXXX.X-XX-X：标准图图号

(2) 标记示例

例一：200m³ 无外导架直升气柜

HG/T 21549.2-95-3，气柜 WD200

例二：600m³ 有外导架直升气柜

HG/T 21549.3-95-3，气柜 WD600

例三：5000m³ 螺旋气柜

HG/T 21549.4-95-3，气柜 WD5000

1.5.6 结构型式和主要尺寸

(1) 无外导架直升气柜

本系列为无外导架直升气柜，设计风载荷500Pa。其结构型式见图35-17，基本参数及主要尺寸见表35-15和管口尺寸见表35-16。

(2) 有外导架直升气柜

本系列为有外导架直升气柜，设计风载荷850Pa。$VN=200\sim2500m^3$ 其结构型式见图35-18，$VN=5000m^3$ 其结构型式见图35-19和 $VN=10000\sim30000m^3$ 其结构型式见图35-20，基本参数及主要尺寸见表35-17和管口尺寸见表35-18。

(3) 螺旋气柜

本系列为螺旋气柜，设计风载荷500Pa。$VN=1000\sim2500m^3$ 其结构型式见图35-21，$VN=5000m^3$ 其结构型式见图35-22，$VN=10000\sim30000m^3$ 其结构型式见图35-23和 $VN=50000\sim100000m^3$ 其结构型式见图35-24，基本参数及主要尺寸见表35-19和管口尺寸见表35-20。

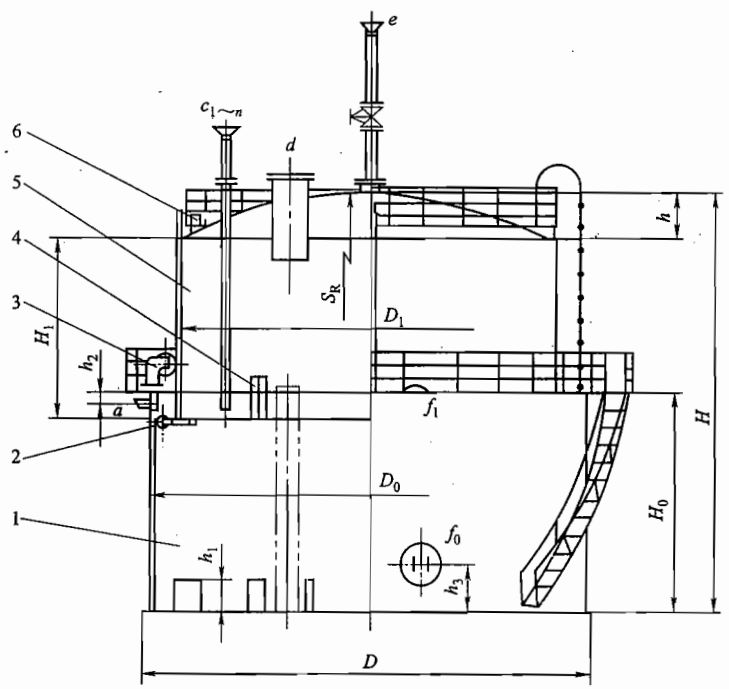


图35-17 结构示意图

1—钢水槽；2—下导轮；3—上导轮；4—下配重块；5—钟罩；6—上配重块

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-15 无外导架直升气柜主要尺寸 /mm

序号	容积/m³		钢水槽		钟罩			工作压力/Pa		标准图图号
	公称	有效	D_0	H_0	D_1	H_1	S_R	无配重块	有配重块	
1	50	52	6100	3250	5200	2950	6240	1821	4000	HG/T 21549.2-95-1
2	100	102	7700	3650	6800	3300	8160	1700		HG/T 21549.2-95-2
3	200	203	9200	4600	8300	4250	9960	1612		HG/T 21549.2-95-3
4	400	404	11900	5200	11000	4750	13200	1457		HG/T 21549.2-95-4
5	600	607	13400	6000	12500	5450	15000	1488		HG/T 21549.2-95-5
6	1000	1042	15900	7050	15000	6400	18000	1481		HG/T 21549.2-95-6

序号	安装尺寸						质量/kg			
	D	H	h	h_1	h_2	h_3	钢结构	配重块		总计
								铸铁块	混凝土块	
1	6180	6217	567	200	320	600	8900	2370	2370	13640
2	7780	7142	742	250		640	12400	4030	4030	20460
3	9280	9206	906				17600	7190	7190	31980
4	19800	10550	1200	350		730	30000	13330	13330	56660
5	13480	12214	1364	450		830	40000	16430	16430	72860
6	15980	14487	1637	550		930	56600	23620	23620	103840

表 35-16 管口公称尺寸 /mm

名称 / 符号 / 容积规格/m³	溢流口	自动放空口	安全帽人孔	放空口	侧壁人孔
	a	c	d	e	f
50	50	50	400	50	500
100			500		
200					
400	65	100		100	600
600			600		
1000	80	150	700	150	

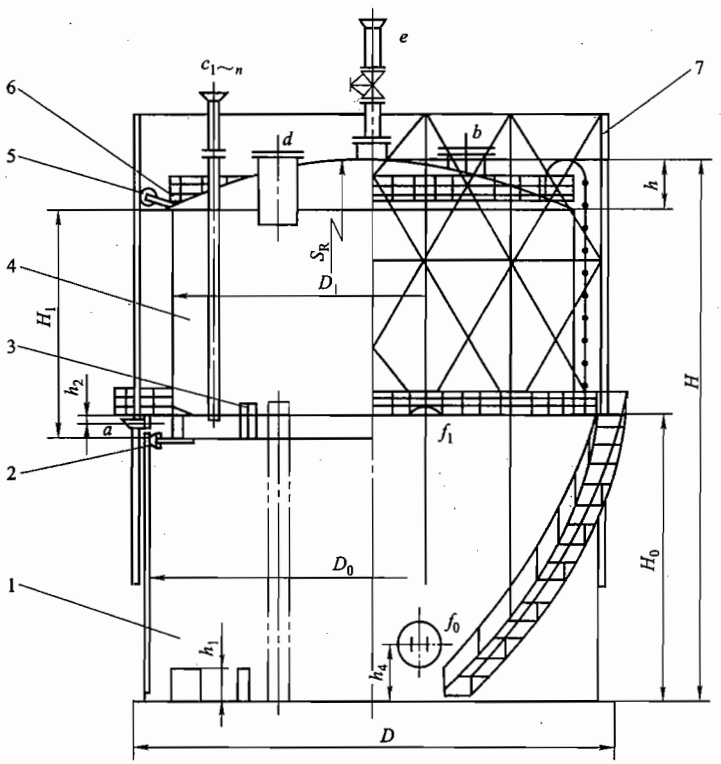


图 35-18 结构示意图

1—钢水槽；2—下导轮；3—下配重块；4—钟罩；5—上导轮；6—上配重块；7—外导架

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

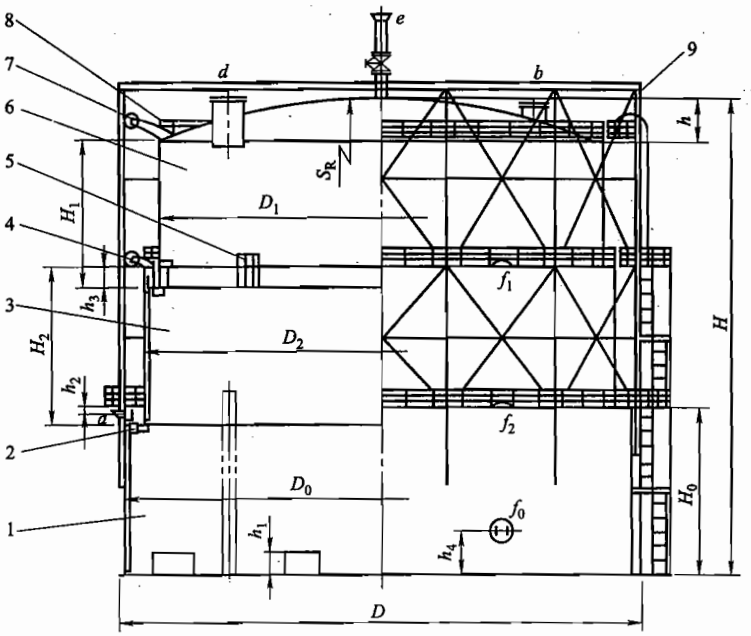


图 35-19 结构示意图

1—钢水槽；2—下导轮；3—中节；4—中节上导轮；5—下配重块；6—钟罩；7—钟罩上导轮；8—上配重块；9—外导架

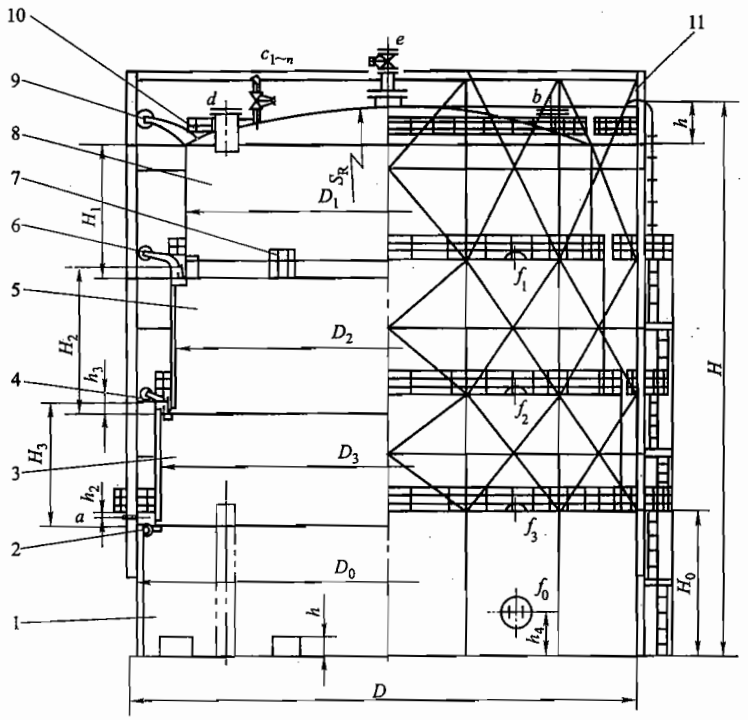


图 35-20 结构示意图

1—钢水槽；2—下导轮；3—中节Ⅱ；4—中节Ⅱ上导轮；5—中节Ⅰ；6—中节Ⅰ上导轮；7—下配重块；8—钟罩；9—钟罩上导轮；10—上配重块；11—外导架

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-17 有外导架直升气柜主要尺寸 /mm

序号	容积/m³		钢水槽		钟罩			中节Ⅰ		中节Ⅱ		标准图图号
	公称	有效	D_0	H_0	D_1	H_1	S_R	D_2	H_2	D_3	H_3	
1	200	203	9200	4600	8300	4250	9960					HG/T 21549.3-95-1
2	400	404	11900	5200	11000	4750	13200					HG/T 21549.3-95-2
3	600	607	13400	6000	12500	5450	15000					HG/T 21549.3-95-3
4	1000	1042	15900	7050	15000	6400	18000					HG/T 21549.3-95-4
5	2500	2513	20900	8990	20000	8550	38160					HG/T 21549.3-95-5
6	5000	5013	24500	6980	22500	6500	42938	23500	6600			HG/T 21549.3-95-6
7	10000	10052	28500	7000	25500		48662	26500		27500	6600	HG/T 21549.3-95-7
8	20000	21839	37000	8590	34000	8000	61506	35000	8150	36000	8150	HG/T 21549.3-95-8
9	30000	30150	42100	9030	39100	8400	74603	40100	8550	41100	8550	HG/T 21549.3-95-9

序号	安装尺寸							工作压力/Pa		质量/kg			
	D	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	无配重块	有配重块	钢结构	配重块		总计
											铸铁块	混凝土块	
1	9280	9206	906	250			640	1612		25100	7190	7190	39480
2	11980	10550	1200	350			730	1457		33000	13330	13330	59660
3	13480	12214	1364	450			830	1488		49000	16430	16430	81860
4	15980	14487	1637	550			930	1481		70600	23520	23520	117640
5	21000	18224	1334	340	320		720	1390	4000	125600	52500	52500	230600
6	24600	20465	1500	380		595	980	2060		190300	57320	28610	276230
7	28600	26613	1750	400		593	1000	2679		308900	53770	26890	389560
8	37100	33410	2396	440		588	1040	2379		349000	127650	63880	540530
9	42200	35237	2607	480		600	1080	2266		583700	156590	78300	818590

表 35-18 管口公称尺寸 /mm

名称 / 符号 / 容积规格/m³	溢流口	人孔	自动放空口	安全帽人孔	放空口	侧壁人孔
	a	b	c	d	e	f
200	50		50	500	50	500
400	65		100		100	
600				600		
1000	80		150	700		
2500	125	500		1000	150	600
5000						
10000			150①	1400		
20000		600		600	250	
30000						

① 所注 c 管口为手动放空管口。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

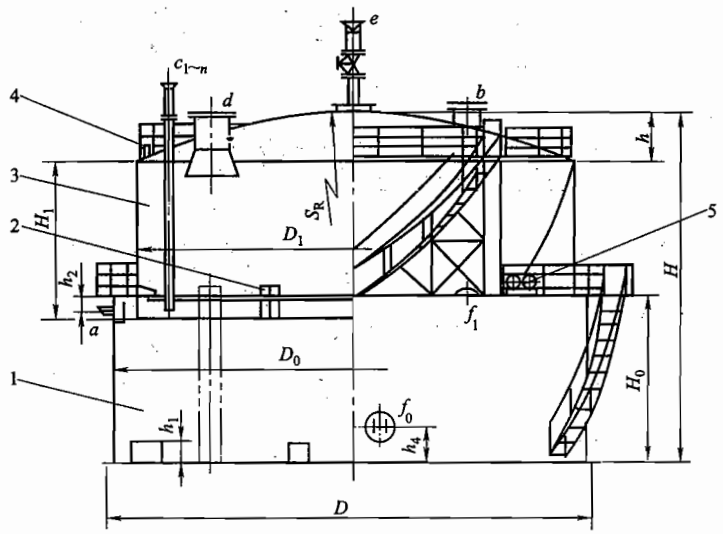


图 35-21　结构示意图

1—钢水槽；2—下配重块；3—钟罩；4—上配重块；5—导轮

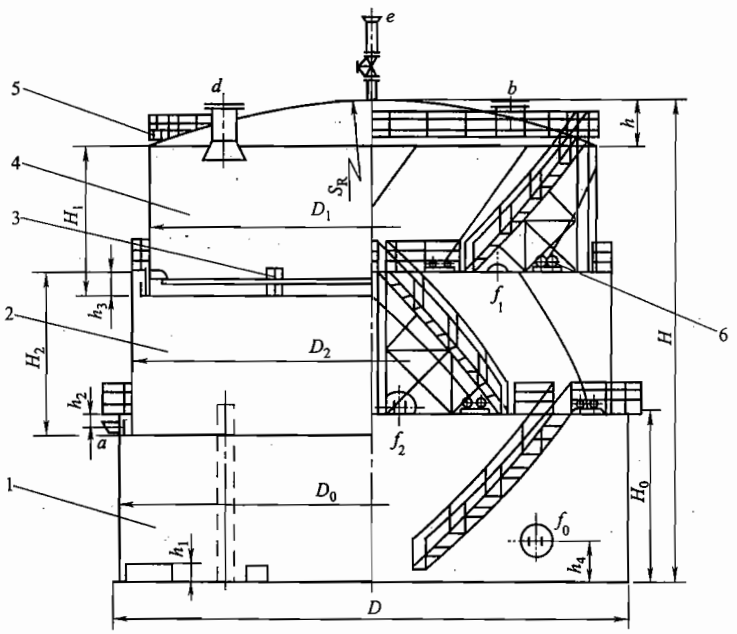


图 35-22　结构示意图

1—钢水槽；2—中节；3—下配重块；4—钟罩；5—上配重块；6—导轮

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

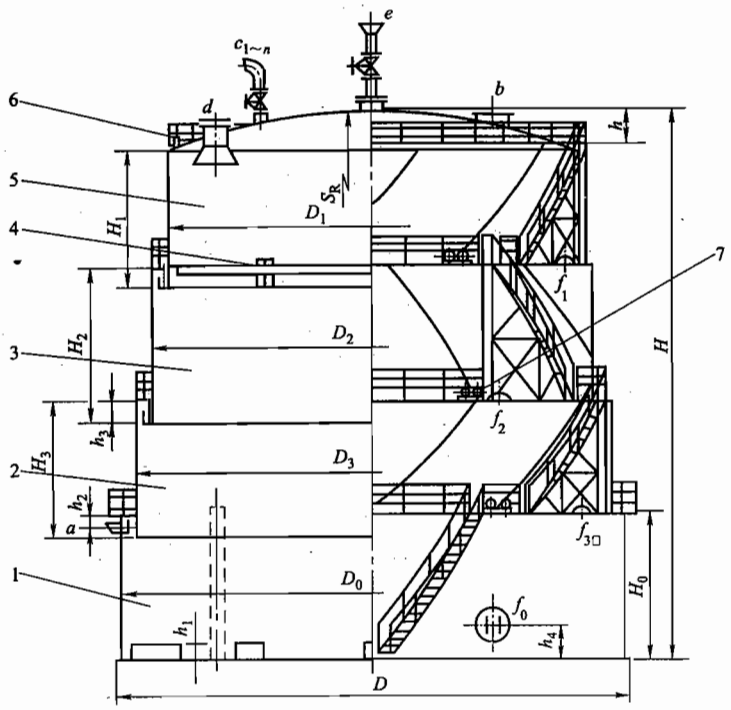


图 35-23 结构示意图

1—钢水槽；2—中节Ⅱ；3—中节Ⅰ；4—下配重块；5—钟罩；6—上配重块；7—导轮

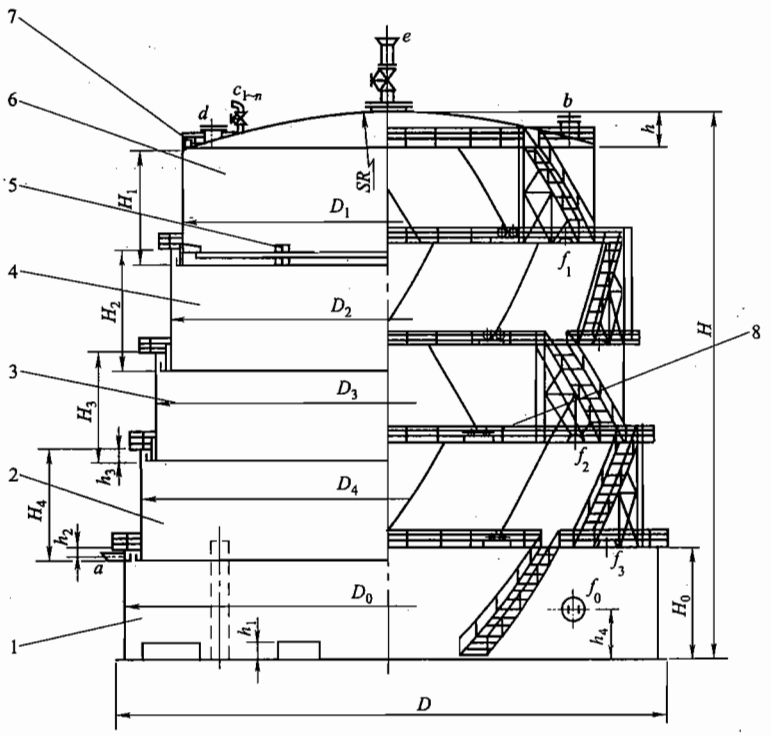


图 35-24 结构示意图

1—钢水槽；2—中节Ⅲ；3—中节Ⅱ；4—中节Ⅰ；5—下配重块；6—钟罩；7—上配重块；8—导轮

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-19　螺旋气柜主要尺寸　/mm

序号	容积/m³		钢水槽		钟罩			中节Ⅰ		中节Ⅱ		中节Ⅲ		标准图图号
	公称	有效	D_0	H_0	D_1	H_1	S_R	D_2	H_2	D_3	H_3	D_4	H_4	
1	1000	1042	15900	7050	15000	6400	18000							HG/T 21549.4-95-1
2	2500	2513	20900	8990	20000	8550	38160							HG/T 21549.4-95-2
3	5000	5013	24500	6980	22500	6500	42938	23500	6710					HG/T 21549.4-95-3
4	10000	10052	28500	7000	25500	6500	48662	26500		27500	6710			HG/T 21549.4-95-4
5	20000	20739	38000	7690	35000	7100	53958	36000	7310	37000	7310			HG/T 21549.4-95-5
6	30000	30150	42100	9030	39100	8400	74603	40100	8610	41100	8610			HG/T 21549.4-95-6
7	50000	54450	46000	10200	42000	9550	87768	43000	9700	44000	9700	45000	7700	HG/T 21549.4-95-7
8	100000	105530	64000	10250	60000	9500	92500	61000	9650	62000	9650	63000	9650	HG/T 21549.4-95-8

序号	安装尺寸							工作压力/Pa		质量/kg			
	D	H	h	h_1	h_2	h_3	h_4	无配重块	有配重块	钢结构	配重块		总计
											铸铁块	混凝土块	
1	15980	14487	1627	550	320		930	1481	4000	56600	23620	23520	103740
2	21000	18224	1334	340			720	1390		109600	52500	52500	214600
3	24600	20445	1500	380		595	980	2060		150430	54800	27360	232590
4	28600	26834	1750	400		593	1000	2679		244900	53770	26690	325560
5	38124	30457	2923	440		588	1040	2251		367000	125410	64010	556420
6	42200	35357	2607	480		600	1080	2266		478700	156590	78300	713590
7	46100	49886	3500	500	400	588	1100	2812		693300	161620	80810	935730
8	64120	51150	5000	550		600	1150	2364		1109700	347050	173570	1630320

表 35-20　管口公称尺寸　/mm

名称 / 符号 / 容积规格/m³	溢流口	人孔	自动放空口	安全帽人孔	放空口	侧壁人孔
	a	b	c	d	e	f
1000	80	500	150	700	150	600
2500	125			1000		
5000						
10000			150①	1400		
20000		600			250	
30000						
50000					300	
100000						

① 所注 c 管口为手动放空管口。

1.6　玻璃钢储罐标准系列（HG 21504.1—1992）

本标准系列适用于化学、石油工业中作储存、计量和分离等用途的玻璃钢储槽，也适用于其他工业部门中类似用途的玻璃钢储槽。

1.6.1　基本参数

① 工作压力（指密闭储槽昼夜温度变化、进排物料所造成的气相压力工况）：−500～2000Pa。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 工作温度 −10～80℃。

③ 公称容积 0.5～100m³。

④ 公称直径 800～3400mm。

⑤ 介质相对密度 $\rho \leqslant 1.2$。

⑥ 基本风压（10m处） 550N/m²。

⑦ 地震烈度 8度。

⑧ 罐顶荷载 1100N/m²。

⑨ 介质限制 适用于按HG 20660—2000介质毒性分类的中度危害（Ⅲ级）介质，轻度危害（Ⅳ）级介质。

⑩ 基础要求 整体基础（必要时防腐）。

⑪ 成型方法 手糊法和机械缠绕法。

⑫ 特性 玻璃钢制品中加入了阻燃添加剂，使成型玻璃钢储槽具有滞燃自熄性。

1.6.2 结构型式（见表35-21）

1.6.3 标准系列结构及主要尺寸

(1) 平底平盖储槽系列

本系列储罐按顶盖和筒体连接形式分为不可拆（A型）和可拆（B型）两种（B型用于$DN \leqslant 1200$mm），其结构型式见图35-25，基本参数及主要尺寸见表35-22。

标记示例：公称容积2m³，公称直径1400mm，顶盖不可拆式平底平盖储槽，其代号为A2/1400（HG 21504.1—1992-04）。

(2) 平底锥顶、平底椭圆封头储槽系列

本系列分平底锥顶（A型）和平底椭圆封头（B型）两种（见图35-26），基本参数及主要尺寸见表35-23。

标记示例：公称容积8m³，公称直径2200mm的平底椭圆封头储槽，其标记代号为

B 8/2200 HG 21504.1—1992-13。

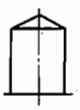
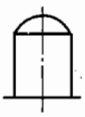
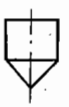
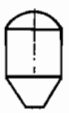
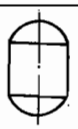
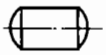
(3) 锥底、平顶储罐系列

本系列储罐按顶盖和筒体连接形式分为不可拆（A型）和可拆（B型）两种（B型用于$DN \leqslant 1200$mm），其结构型式见图35-27，基本参数及主要尺寸见表35-24。

标记示例：公称容积2m³，公称直径1200mm，顶盖不可拆式锥底平顶储罐，其标记代号为

A2/1200（HG 21504.1—1992-45）。

表35-21 玻璃钢储罐结构型式

型式	立式						卧式
	平底平盖	平底锥顶	平底椭圆封头	锥底平顶	锥底椭圆封头	椭圆封头	椭圆封头
公称容积/m³							
0.5	0.5～5			0.5～5	1～5	1～5	2～100
1							
2							
3							
5							
6		6～100	6～100				
8							
10							
16							
20							
25							
32							
40							
50							
63							
80							
100							

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-22 平底平盖储槽系列基本参数和尺寸

容积/m³		筒体主要尺寸/mm		顶盖直径/mm	安装尺寸/mm				管口公称直径/mm								设备净重/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径	高度						出口	溢流口	排气口	进口	备用口	人孔	液面计口	放净口		
		DN	H	D_1	$\sim H_0$	D_0	D	L	a	b	c	d	e	f	g	h		
0.5	0.6	800	1200	940	1377	896	550	1000	50	70	50	50	70		25	40	75	HG 21504.1—1992-01
1	1.1	1000	1400	1140	1578	1100	700	1200								50	105	HG 21504.1—1992-02
	1.36	1200	1200	1340	1378	1300	800	1000									120	HG 21504.1—1992-03
2	2.15	1400	1400		1655		800	1200									175	HG 21504.1—1992-04
3	3.22	1600	1600		1855		1000	1400						450			235	HG 21504.1—1992-05
5	5.09	1800	2000		2256		1100	1800						500			330	HG 21504.1—1992-06

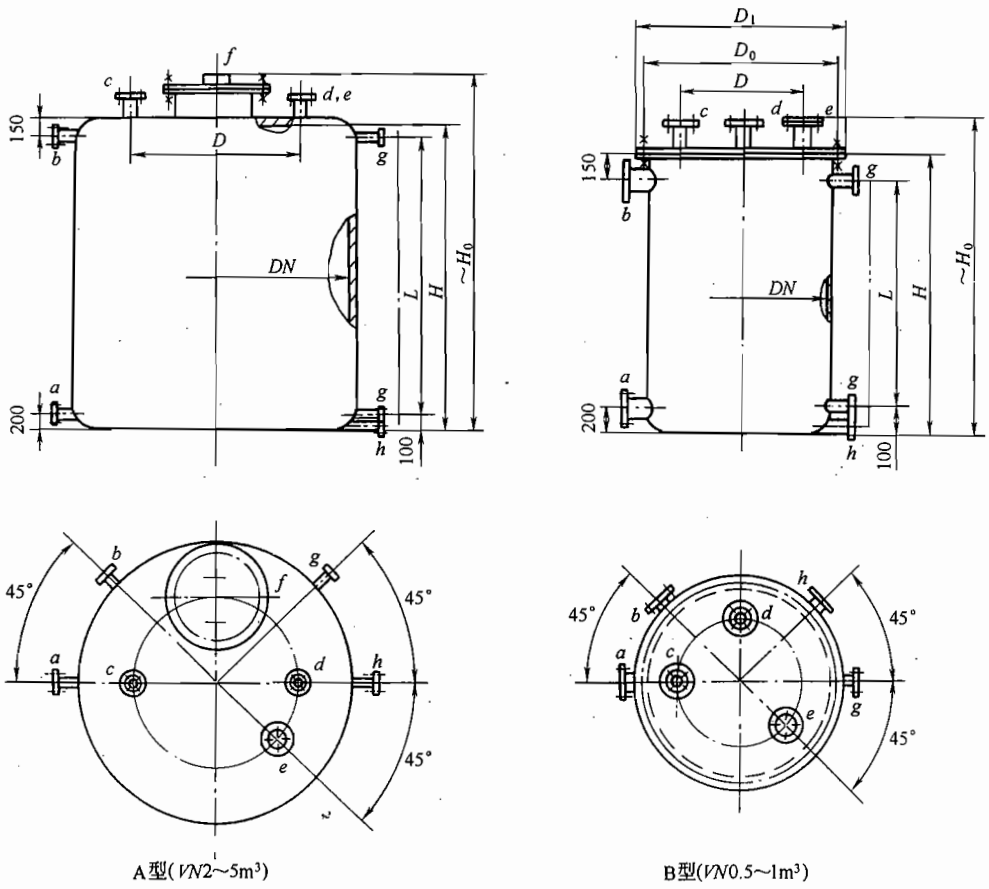
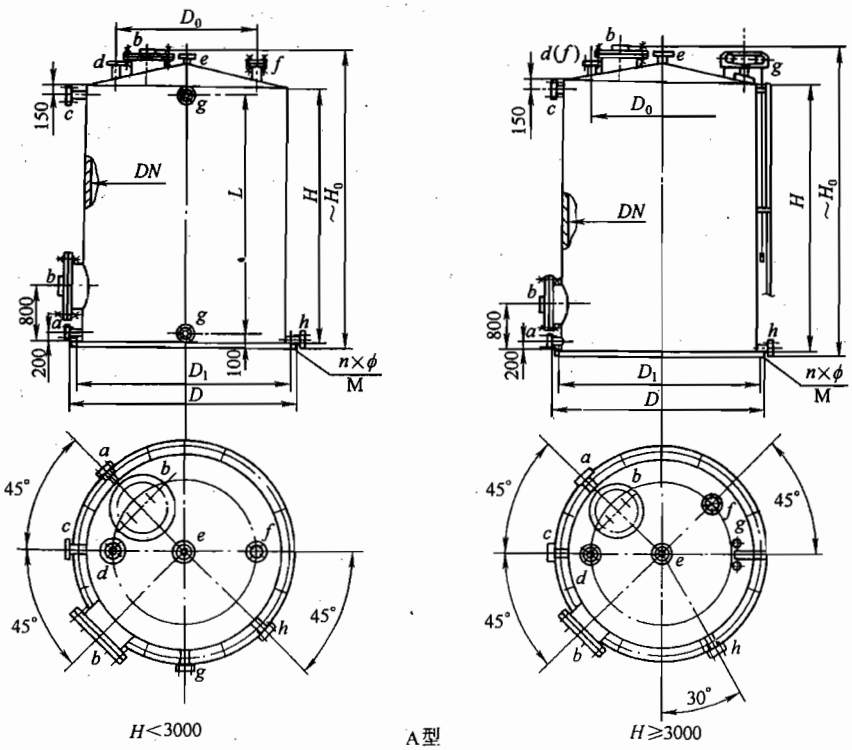


图 35-25 平底平盖储槽

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



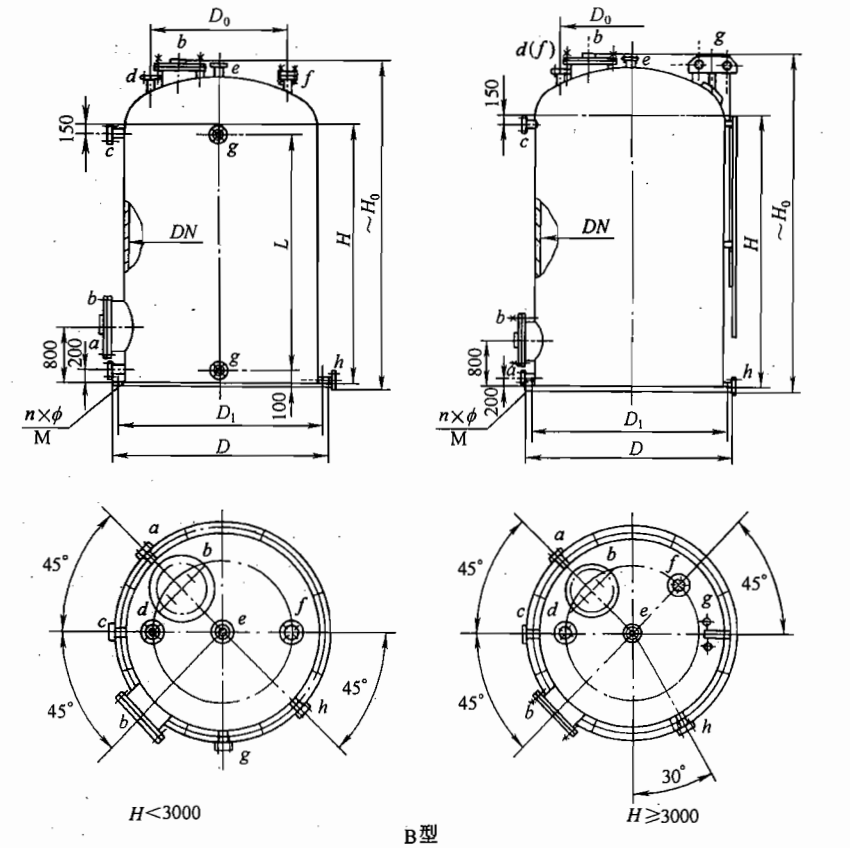


图 35-26 平底锥顶、平底椭圆封头储罐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-23 平底锥顶、平底椭圆封头储罐系列基本参数和尺寸

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		装尺寸/mm						管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	D_1	D	D_0	$\frac{n\times\phi}{M}$	L	$\sim H_0$	出口 a	人孔 b	溢流口 c	进口 d	排气口 e	备用口 f	液面计口 g	放净口 h		HG 21504.1—1992-椭圆封头 HG 21504.1—1992-锥顶
6	6.97	1800	2400	1930	2020	1250	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	2200	3142	70	500	80	70	70	80	25	70	585	HG 21504.1—1992-07
	6.37								2852									595	HG 21504.1—1992-08
	7.48	2000	2000	2130	2200	1400	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	1800	2787									620	HG 21504.1—1992-09
	6.66								2467									620	HG 21504.1—1992-10
8	9.37	2000	2600	2130	2220	1400	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	2400	3388									690	HG 21504.1—1992-11
	8.55								3067									690	HG 21504.1—1992-12
	9.94	2200	2200	2330	2420	1550	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	2000	3025									695	HG 21504.1—1992-13
	8.85								2675									700	HG 21504.1—1992-14
10	10.62	2000	3000	2130	2220	1400	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	—	3788							—		780	HG 21504.1—1992-15
	9.80								3467									785	HG 21504.1—1992-16
	11.46	2200	2600	2330	2420	1550	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	2400	3425	70	500	80	70	70	80	25	70	750	HG 21504.1—1992-17
	10.37								3075									755	HG 21504.1—1992-18
16	17.43	2400	3400	2530	2620	1700	$\frac{8\times\phi30}{M24}$	—	4253	80		100	80	80	100	—	80	1050	HG 21504.1—1992-19
	15.99								3879									1060	HG 21504.1—1992-20
	18.49	2600	3000	2730	2820	1800	$\frac{8\times\phi30}{M24}$		3889									980	HG 21504.1—1992-21
	16.68								3483									990	HG 21504.1—1992-22

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		装 尺 寸/mm						管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图 号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	D_1	D	D_0	$\frac{n\times\phi}{M}$	L	$\sim H_0$	出口 a	人孔 b	溢流口 c	进口 d	排气口 e	备用口 f	液面计口 g	放净口 h		HG 21504.1—1992-椭圆封头 HG 21504.1—1992-锥顶
20	21.67	2600	3600	2735	2825	1800	8×φ30 M24	—	4490	80	500	100	80	80	100	—	80	1205	HG 21504.1—1992-23
	19.87								4084									1215	HG 21504.1—1992-24
	22.88	2800	3200	2935	3025	1950	8×φ30 M24		4125									1245	HG 21504.1—1992-25
	20.78								3719									1240	HG 21504.1—1992-26
25	27.81	2800	4000	2935	3025	1950	12×φ30 M24		4926									1495	HG 21504.1—1992-27
	25.71								4519									1480	HG 21504.1—1992-28
	29.34	3000	3600	3135	3225	2100	12×φ30 M24		4557									1475	HG 21504.1—1992-29
	26.75								4125									1480	HG 21504.1—1992-30
32	34.99	3000	4400	3140	3230	2100	12×φ30 M24		5359									1755	HG 21504.1—1992-31
	32.4								4927									1755	HG 21504.1—1992-32
40	43.29	3200	4800	3340	3430	2250	12×φ30 M24		5796									2180	HG 21504.1—1992-33
	40.16								5336									2170	HG 21504.1—1992-34
50	55.54	3400	5500	3545	3635	2300	12×φ30 M24	—	6542									2610	HG 21504.1—1992-35
	51.77								6051									2605	HG 21504.1—1992-36
63	68.15	3400	7000	3550	3640	2300	12×φ30 M24		8044									3300	HG 21504.1—1992-37
	65.39								7553									3295	HG 21504.1—1992-38
80	85.50	3400	8800	3570	3660	2300	12×φ30 M24		9849									4445	HG 21504.1—1992-39
	81.73								9358									4435	HG 21504.1—1992-40
100	100.93	3400	10500	3580	3665	2300	16×φ30 M24		11552									5655	HG 21504.1—1992-41
	97.16								11062									5645	HG 21504.1—1992-42

注：设备净重包括直梯的质量。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

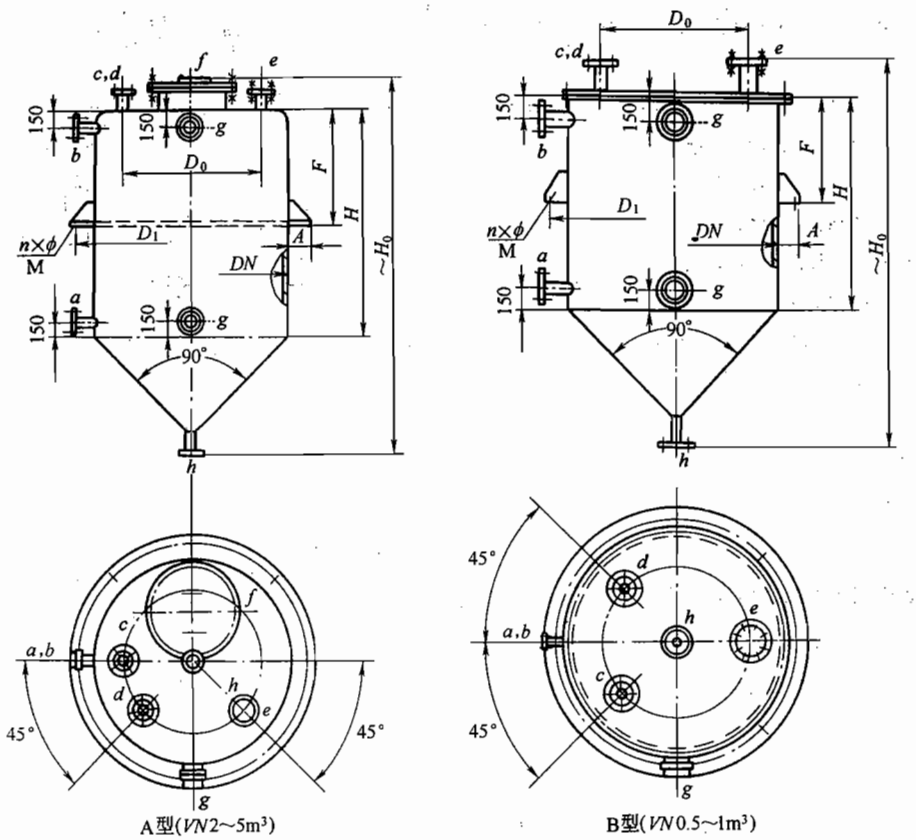


图 35-27　锥底、平顶储罐

表 35-24　锥底、平顶储罐系列基本参数和尺寸

容积/m³		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm						管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	A	F	D_0	D_1	$\frac{n\times\phi}{M}$	$\sim H_0$	出口 a	溢流口 b	排气口 c	进口 d	备用口 e	人孔 f	视镜 g	放净口 h		
0.5	0.51	800	800	100	400	550	590	$\frac{2\times\phi25}{M20}$	1505	40	50	40	40				50	70	HG 21504.1—1992-43
1	0.98	1000	1000	110	500	700	1170	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	1795									105	HG 21504.1—1992-44
2	1.92	1200	1400	135	700	850	1390	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	2374	50	70	50	50	80	450	80	70	170	HG 21504.1—1992-45
3	2.99	1400	1600	160	800	1000	1590	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	2675									225	HG 21504.1—1992-46
5	5.21	1800	1600	200	800	1250	2010	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	2871	70	80	70	70	125	500	125	80	415	HG 21504.1—1992-47

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(4) 锥底椭圆封头储罐系列

本系列储罐结构型式见图 35-28，基本参数及主要尺寸见表 35-25。

标记示例：公称容积 2m³，公称直径 1200mm 的锥底椭圆封头储罐，其标记代号为

2/1200（HG 21504.1—1992-49）。

(5) 立式椭圆封头储罐系列

本系列分 A、B 两种结构型式（见图 35-29），基本参数及主要尺寸见表 35-26、表 35-27。

标记示例：公称容积 2m³，公称直径 1200mm 的 A 型椭圆封头储罐，其标记代号为

A2/1200（HG 21504.1—1992-53）。

(6) 卧式储罐系列

本系列储罐结构型式见图 35-30，基本参数及主要尺寸见表 35-28。

1.7 拼装式玻璃钢储罐标准系列（HG 21504.2—1992）

本系列为拼装式耐化学腐蚀静止玻璃钢储罐；适用于储存化工，石油等工业中可用玻璃钢防腐的液体。

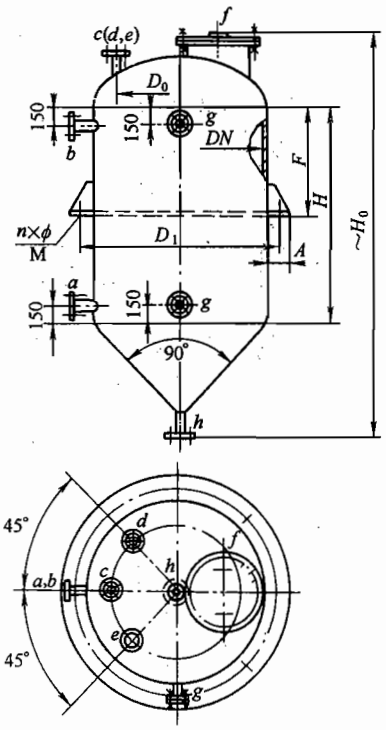


图 35-28 锥底椭圆封头储罐

表 35-25 锥底椭圆封头储罐系列基本参数和尺寸

容积/m³		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm						管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	A	F	D_0	D_1	$\frac{n\times\phi}{M}$	$\sim H_0$	出口 a	溢流口 b	排气口 c	进口 d	备用口 e	人孔 f	视镜 g	放净口 h		
1	1.13	1000	1000	110	500	700	1170	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	2156									110	HG 21504.1—1992-48
2	1.95	1200	1200	135	600	850	1390	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	2577	50	70	50	50	80	450	80	70	160	HG 21504.1—1992-49
3	3.08	1400	1400	160	700	1000	1590	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	2823									210	HG 21504.1—1992-50
5	5.82	1800	1500	200	750	1250	2010	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	3227	70	80	70	70	125	500	125	80	410	HG 21504.1—1992-51

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

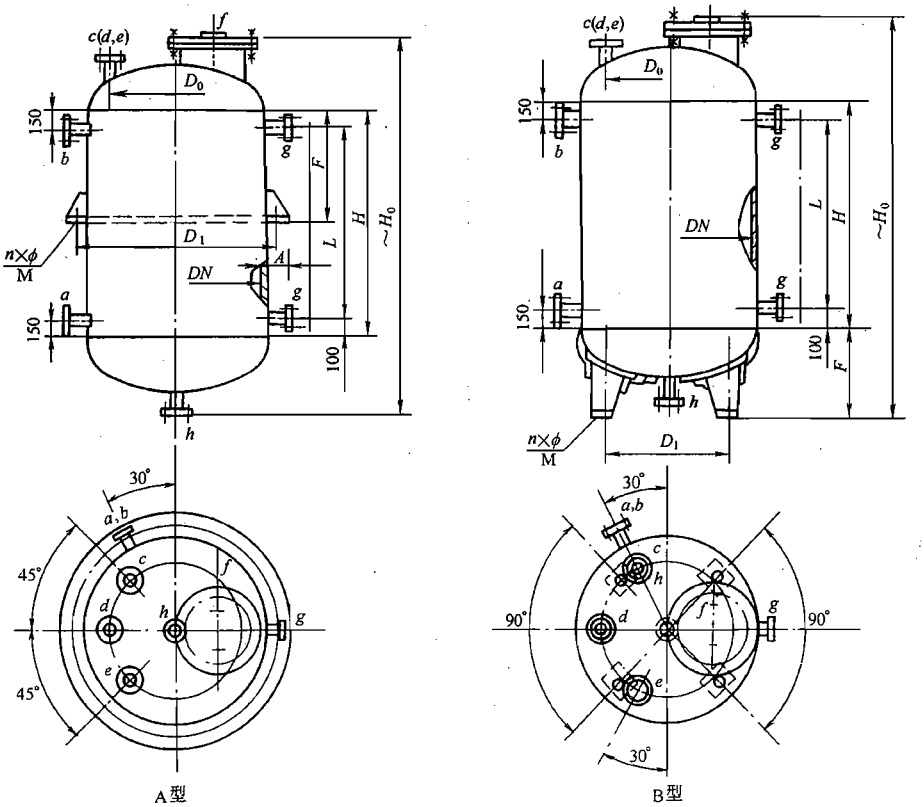


图 35-29　立式椭圆封头储罐

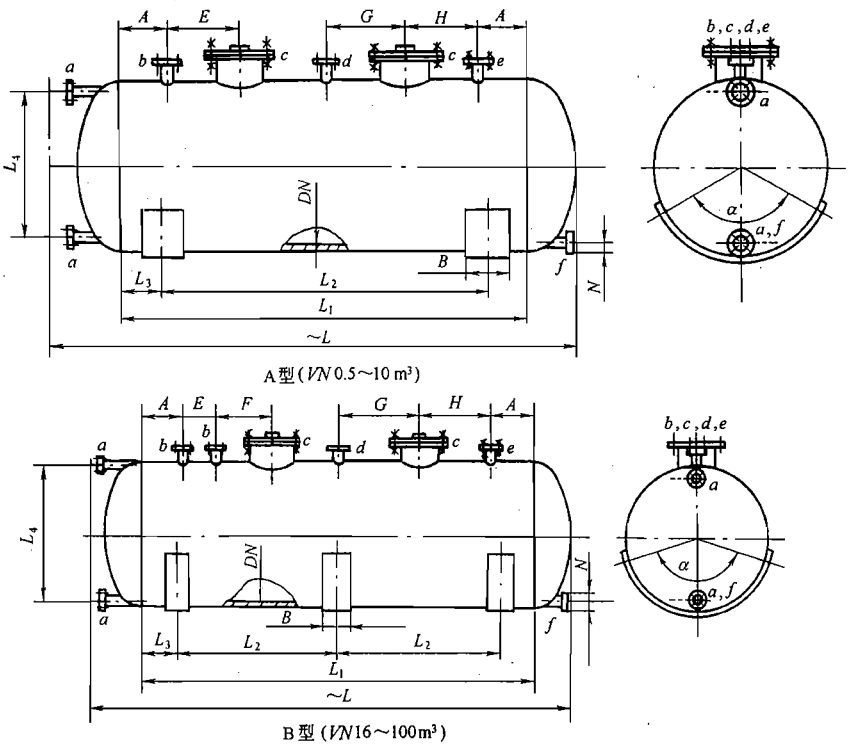


图 35-30　卧式椭圆封头储罐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-26 A 型立式椭圆封头储罐系列基本参数和尺寸

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm							管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	A	F	D_0	D_1	$\frac{n\times\phi}{M}$	L	$\sim H_0$	出口 a	溢流口 b	排气口 c	进口 d	备用口 e	人孔 f	液面计口 g	放净口 h		
1	1.09	1000	1000	110	500	700	1170	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	800		50	70	50	50	70	450	25	70	110	HG 21504.1—1992-52
2	2.09	1200	1400	135	700	850	1390	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	1200	2458									170	HG 21504.1—1992-53
3	3.26	1400	1600	160	800	1000	1590	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	1400	2764									215	HG 21504.1—1992-54
5	5.8	1800	1600	200	800	1250	2010	$\frac{4\times\phi30}{M24}$	1400	2943	70	80	70	70	80	500		80	410	HG 21504.1—1992-55

表 35-27 B 型立式椭圆封头储罐系列基本参数和尺寸

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm						管口公称直径/mm								设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	高度 H	F	D_0	D_1	L	$\frac{n\times\phi}{M}$	$\sim H_0$	出口 a	溢流口 b	排气口 c	进口 d	备用口 e	人孔 f	液面计口 g	放净口 h		
1	1.09	1000	1000	436	700	700	800	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	1950	50	70	50	50	70	450	25	70	115	HG 21504.1—1992-56
2	2.09	1200	1400	521	850	840	1200	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	2474									245	HG 21504.1—1992-57
3	3.26	1400	1600	535	1000	1050	1400	$\frac{4\times\phi25}{M20}$	2724									295	HG 21504.1—1992-58
5	5.80	1800	1600	658	1250	1350	1400	$\frac{4\times\phi25}{M24}$	2940	70	80	70	70	80	500		80	445	HG 21504.1—1992-59

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-28 卧式椭圆封头储罐系列基本参数和尺寸

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm														管口公称直径/mm						支座数量	设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	长度 L_1	$\sim L$	L_2	L_3	B	L_4	$n\times\phi$	M	α	A	E	F	G	H	N	液面计口 a	进口 b	人(手)孔 c	放空口 d	备用口 e	出口 f			
2	2.03	1000	2200	2970	1750	225	200	800	2×ϕ25	M20	120°	380	280	—	400	450	40	25	50	450/(200)	50	80	50	2	228	HG 21504.1—1992-60
3	2.97	1000	3400	4170	2950	225	200	800	2×ϕ25	M24	120°	450	450	—	500	450	40			450					302	HG 21504.1—1992-61
5	5.03	1200	4000	4872	3450	275	300	1000	2×ϕ25	M20	120°	550	450	—	600	450	57		70		70		80		480	HG 21504.1—1992-62
	5.11	1400	2800	3772	2150	325	300	1200	4×ϕ30	M24	120°	100	650	—	450	650	57			450					482	HG 21504.1—1992-63
																				(250)						
6	6.03	1400	3400	4374	2750	325	300	1200	4×ϕ30	M24	120°	100	650	—	500	650	58			450					558	HG 21504.1—1992-64
	6.40	1600	2600	3673	1850	375	400	1400	4×ϕ30	M24	120°	110	600	—	450	700	58			450/(250)					558	HG 21504.1—1992-65
8	8.18	1400	4800	5774	4150	325	300	1200	4×ϕ30	M24	150°	600	500	—	800	500	58			450					733	HG 21504.1—1992-66
	8.41	1600	3600	4672	2850	375	400	1400	4×ϕ30	M24	150°	600	450	—	500	450	57								654	HG 21504.1—1992-67
10	10.02	1600	4400	5475	3650	375	400	1400	4×ϕ30	M24	150°	600	500	—	700	500	59								810	HG 21504.1—1992-68
	10.38	1800	3400	4604	2580	410	400	1600	4×ϕ30	M24	150°	120	750	—	550	750	58								772	HG 21504.1—1992-69
16	15.98	1800	5600	6806	2390	410	400	1600	4×ϕ30	M24	150°	650	500	—	1100	500	59		80	500	80	100		3	1244	HG 21504.1—1992-70
	16.22	2000	4400	5727	1750	450	500	1800	4×ϕ30	M24	150°	700	500	—	600	500	60								1230	HG 21504.1—1992-71

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

容积/m^3		筒体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm														管口公称直径/mm						支座数量	设备参考质量/kg	图号
公称容积 VN	全容积 V_1	公称直径 DN	长度 L_1	$\sim L$	L_2	L_3	B	L_4	$n\times\phi$	M	α	A	E	F	G	H	N	液面计口 a	进口 b	人(手)孔 c	放空口 d	备用口 e	出口 f			
20	20.62	2000	5800	7130	2450	450	500	1800	4×φ30	M24	150°	700	500	—	1200	500	61	25	80	500	100	100	100	3	1650	HG 21504.1—1992-72
	20.65	2200	4600	6031	1800	500	500	2000	4×φ30	M24	150°	800	500	—	650	500	62								1605	HG 21504.1—1992-73
25	25.65	2200	5800	7233	2400	500	500	2000	4×φ30	M24	150°	150	650	500	1400	900	74								2049	HG 21504.1—1992-74
	25.82	2400	4800	6334	1850	550	600	2200	4×φ30	M24	150°	170	700	500	900	900	74								2005	HG 21504.1—1992-75
32	32.05	2200	7600	9036	3300	500	500	2000	4×φ30	M24	150°	150	700	600	2000	1000	75								2602	HG 21504.1—1992-76
	32.15	2400	6200	7736	2550	550	600	2200	4×φ30	M24	150°	170	700	500	1500	900	75								2580	HG 21504.1—1992-77
40	40.29	2400	8000	9539	3450	550	600	2200	4×φ30	M24	150°	170	750	700	2000	1000	77								3027	HG 21504.1—1992-78
	40.16	2600	6600	8240	2700	600	600	2400	4×φ30	M24	150°	200	750	550	1500	1000	77								3024	HG 21504.1—1992-79
50	49.72	2600	8400	10043	3600	600	600	2400	4×φ30	M24	150°	200	750	700	2000	1000	79								3786	HG 21504.1—1992-80
	50.69	2800	7200	8943	2950	650	800	2600	4×φ30	M24	150°	200	800	550	1700	1100	78								4065	HG 21504.1—1992-81
63	64.24	2800	9400	11145	4050	650	800	2600	4×φ30	M24	150°	125	1150	700	2500	1300	80								5755	HG 21504.1—1992-82
	64.33	3000	8000	9845	3300	700	800	2800	4×φ30	M24	150°	150	1150	550	1500	1500	80								5880	HG 21504.1—1992-83
80	79.88	3000	12049	10249	4400	700	800	2800	4×φ30	M24	150°	150	1200	1400	1500	1350	82								7177	HG 21504.1—1992-84
	81.76	3200	9000	10949	3750	750	800	3000	4×φ30	M24	150°	175	1200	650	2000	1400	82								7228	HG 21504.1—1992-85
100	101.87	3200	11500	13454	5000	750	800	3000	4×φ30	M24	150°	175	1200	1800	1700	1500	97		100		100	125	125		9280	HG 21504.1—1992-86

注：若采用钢制鞍式支座，支座定位尺寸按照 JB/T 4712—1992 A 型选取。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

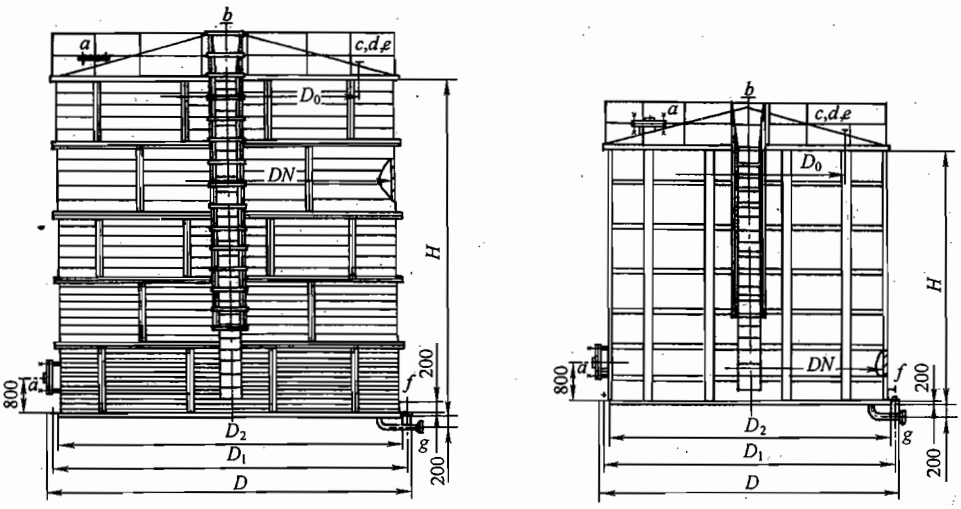


图 35-31 拼装式玻璃钢储罐

表 35-29 拼装式玻璃钢储罐系列基本参数及尺寸

公称容积/m³	罐体主要尺寸/mm		安装尺寸/mm				管口公称直径/mm							储罐型式	设备净质量/kg	图号 HG 21504.2—1992-A型 HG 21504.2—1992-B型
	内径 DN	高度 H	D_2	D_1	～D	D_0	人孔 a	通气装置 b	进口 c	备用口 d	液面计口 e	出口 f	放净口 g			
100	5400	4500	5600	5700	5820	4600	500	150	100	80	150	100	50	A、B	5060	HG 21504.2—1992-101
															5200	HG 21504.2—1992-102
200	6600	6000	6800	6900	7020	5800									9300	HG 21504.2—1992-103
															8600	HG 21504.2—1992-104
300	7500	7000	7760	7860	7980	6700									13160	HG 21504.2—1992-105
															14130	HG 21504.2—1992-106
400	8000	8000	8300	8400	8520	7200									17000	HG 21504.2—1992-107
															18670	HG 21504.2—1992-108
500	8900	8100	9300	9400	9520	8100									18900	HG 21504.2—1992-109
															22190	HG 21504.2—1992-110

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

1.7.1 基本参数

① 工作压力（指密封储罐昼夜温度变化、进排物料所造成的气相压力工况） −500～2000Pa。

② 工作温度 −10～80℃。

③ 公称容积 100～500m³。

④ 公称直径 5400～8900mm。

⑤ 介质相对密度 $\gamma \leqslant 1.2$。

⑥ 基本风压（10m处） 550N/m²。

⑦ 地震烈度 8度。

⑧ 罐顶荷载 1100N/m²。

⑨ 介质限制 适用于按HG 20660—2000介质毒性分类的中度危害（Ⅲ级）介质、轻度危害（Ⅳ级）介质。

⑩ 基础要求 整体基础（必要时防腐）。

⑪ 成型方式 手糊法成型；制造厂内预制好板片，在现场组装。

⑫ 特性 玻璃钢制品中加入了阻燃添加剂，使成型的玻璃钢储罐具有滞燃自熄性。

1.7.2 结构型式

① 筒体立式拼装分两种型式，如图35-31所示。A型，纵环向分片、现场组装，外部用钢丝绳加强；B型，纵向分片、现场组装，外部型钢加强。

② 封头型式 自支承拼装锥顶。

③ 底板型式 拼装平底。

④ 基本参数及主要尺寸见表35-29。

⑤ 标记示例：100m³B型储罐，其标记为100B（HG 21504.2—1992-102）。

2 除尘器

2.1 除尘器的种类和选用

凡能将粉尘从气体中分离出来，使气体得以净化，粉尘得到回收的设备，统称为气体的净化设备——除尘器。除尘器可分为干式除尘器和湿式除尘器两大类。

尘粒的直径（即粒径）一般在0.01～100μm之间。100μm以上的尘粒，由于重力作用将很快降落，不列为除尘对象；0.01μm以下的超微粒子，不属于一般除尘的范围。10μm以上的粒子是易于分离的，0.1～10μm的尘粒特别是1μm以下的微粒较难分离。

2.1.1 干式除尘器

(1) 重力除尘器

重力除尘器是利用粉尘与气体比重不同的原理，使粉尘靠本身的重力从气体中自然沉降下来的净化设备，如沉降室。一般用于50μm以上的尘粒。

(2) 惯性除尘器

惯性除尘器是利用粉尘与气体在运动中的惯性不同，将粉尘从气体中分离出来的净化设备，如CDQ型百叶窗式除尘器。这种除尘器结构简单，阻力较小，净化效率低（40%～80%），一般多用于较粗大粒子的除尘。

(3) 旋风除尘器

旋风除尘器是利用旋转的含尘气体所产生的离心力，将粒尘从气流中分离出来的一种气、固分离装置。这类除尘器在工业上应用最为广泛，其特点是结构简单，操作方便，除尘效率较高，价格低廉，适用于净化大于5～10μm的非黏性非纤维性的干燥粉尘。

(4) 脉冲袋式除尘器

对细微尘粒（1～5μm）的除尘效率可达99%以上，还可以除去1μm甚至0.1μm的微尘粒。目前袋式除尘器的清灰机构已实现了连续操作，阻力稳定，气速高。其内部无运动机件，使用日益广泛。

(5) 电除尘器

电除尘器效率高，阻力低，适用于温度高（<500℃）、风量大和细微粉尘的除尘。缺点是投资较高，但日常操作费用较低。

2.1.2 湿式除尘器

凡借用水（或其他液体）与含尘气体接触，利用液滴或液膜捕获尘粒使气体得到净化的设备，统称为湿式除尘器。湿式除尘器的型式很多，最有代表性的有湍球塔，泡沫除尘器，自激式除尘器，文氏管除尘器等。干式除尘器如能加上湿法操作，效率将有明显提高。湿式除尘器适用于非纤维性的、能受潮、受冷且与水不发生化学作用的含尘气体，不适用于黏性粉尘。

2.1.3 除尘器的选用

评定除尘器性能的指标有处理流量Q，压力损失ΔP与除尘效率η。一台性能良好的旋风除尘器，在保证一定处理量的前提下，应该是压降小，效率高。在选定某净化设备时，还必须考虑到投资、操作费用以及管理繁简等综合指标的最佳化问题。净化设备分类及技术指标见表35-30。

2.2 干式净化设备

2.2.1 旋风除尘器

(1) 操作条件对旋风除尘器性能的影响

① 入口风速 入口风速$v_{入}$对阻力和效率的影响很大。从降低阻力考虑，希望$v_{入}$低些；从提高处理风量和效率考虑，$v_{入}$高些较好；但$v_{入}$超过一定限度时，阻力激增，而效率增加甚微。最佳入口风速因除尘器的结构和处理气体温度不同而异，设计中一般选取$v_{入}=12\sim18$m/s。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-30 净化设备分类及技术指标

净化设备			适用范围						技术指标			
型式	种类	名称	粉尘种类	粉尘粒度/μm	允许初含尘浓度/(g/m³)		允许最高温度/℃	允许最大负压/Pa	适用情况	处理风量/(m³/h)	阻力/Pa	效率净化/%
					做初净化时	做终净化时						
干式净化设备	离心式除尘器	CLT/A型	各种非纤维,非黏性干燥粉尘	>5～10	一般小于30	1.5	150～250	2940～4905	中净化	250～7130	755～913	80～90
		XLP/A型								830～13900	589～1373	80～90
		XLP/B型								700～104980	422～1422	80～90
		D250×(64～120管)多管除尘器			60		<400			42000～92000	785～981	80～90
		扩散式旋风除尘器			60	1.5～20	150～250	2940～4905		820～8740	785～1570	80～90
	袋式除尘器	脉冲式除尘器	各种非纤维、非黏性干燥粉尘	>1.0	—	3～5	按滤布,一般小于100	2940	中细净化	2340～21600	981～1177	99
		各种卧式电除尘器	各种非纤维、非黏性干燥粉尘	>0.01	30～60	5～10	150～300	1960～3920	各种净化		98～196	90～97
湿式净化设备	喷淋除尘器		烧结厂混合料粉尘	>5	10		<100		粗净化	40000～60000	很小	50～60
	离心水膜	CLS型除尘器	各种非纤维、非水硬性、非黏性粉尘	>1		2	150	1960～2940	中细净化	1600～13200	540～746	90～95
		CLS/A型除尘器		>1		2	150			1250～14000	570	90～95
		干湿一体除尘器		>1		4	150		各种净化	1300～10400	638～903	93～95
		卧式旋风水膜除尘器		>1		4～10	200			7000～25000	981～1177	93～95
	洗浴式	水浴除尘器	各种非纤维、非水硬性、非黏性粉尘	>1	30	3	不限	按设计	粗中净化	1000～24000	392～687	90
		泡沫除尘器		>1	30	5	<150	2940	各种净化	3400～14500	589～785	95～98
		CCJ型除尘器组		>1	100	10～20	<300	2940		3500～60000	981～1570	98～99
		CCJ/A型除尘器组		>1	100	10～20	<300	2940		3500～60000	981～1570	98～99

注：净化效率系对表中的粉尘种类和粒度而言，各种除尘器的净化效率无可靠计算方法，一般是参考类似条件下的工业实测值，将其作为净化效率值的概略依据。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 气体温度 不同的气体温度将引起气体的比重和黏滞系数发生变化。当温度升高时，气体的相对密度减小，但黏滞系数增大。相对密度减小，使阻力降低；而黏滞系数增大，使粉尘粒子沉降速度降低，导致效率降低。因此，只在处理高温气体时选取较高的 $v_{入}$ 值。

③ 气体湿度 气体的湿度在露点以上时，对除尘器工作影响不大；如果在露点以下，则产生凝结水滴，使粉尘黏于壁上。因此，必须使气体的温度高于露点 20～25℃。

④ 粉尘的相对密度和粒度 粉尘的相对密度和粒度对阻力几乎没有影响，但对效率影响极大。粉尘的相对密度大、粒度粗时，各种旋风除尘器都能得到较高的效率；而粉尘相对密度小、粒度细时，除尘器效率则大大降低。

⑤ 含尘气体的浓度 气体含尘浓度高时，一般情况下净化效率也高。此时，由于粉尘粒子摩擦损失增加，气流旋转速度降低，阻力也有下降趋势。可见，旋风除尘器用于净化高浓度的气体或第一级净化较为合适。

⑥ 漏风 旋风除尘器漏风时，特别是通过除尘器下部集尘箱和卸尘阀漏风时，其效率将急剧下降。当漏风率为 5%时，净化效率将由 90%降到 50%；漏风率达 15%时，效率将下降为零。为防止漏风获得较高的效率，在除尘器下部排尘口可设置集尘箱或隔离锥。

(2) 几种常用旋风除尘器的结构及主要参数（见图 35-32、表 35-31）

① CLK 扩散式旋风除尘器 适用于冶金、铸造、建材、化工、粮食、水泥等行业中，捕集干燥的非纤维性粉尘。其主要特点是筒身呈倒圆锥形，减少了含尘气体自筒身中心短路到出口的可能性。并装有倒圆锥形的反射屏，以防止二次气流将已分离下来的粉尘重新卷起而被上升气流带出，提高了除尘效率。除尘器的结构如图 35-33 所示，分逆时针方向（N）和顺时针方向（S）旋转，主要参数见表 35-32，主要尺寸见表 35-33。

② XLP 型旋风除尘器 XLP 型旋风除尘器包括 XLP/A 和 XLP/B 两种型式（见图 35-34）。它在一般除尘器的基础上增设旁路分离室，由于旁路作用，有利于含尘气体中较细粉尘的分离，属于高效旋风除尘器。其特点是具有螺旋线形的粉尘旁路分离室、较浅的排出管、螺旋蜗壳形的窄长入口及细长的外形。

根据处理气体量的不同，XLP/A 和 XLP/B 型各有 7 种规格，按安装在风机前后位置不同，又各分为 X 型（吸出式）和 Y 型（压入式）。其中 X 型在除尘器本体上增加了出口蜗壳，对于除尘器，根据入口蜗壳旋转方向不同又分为 N 型（左回旋）和 S 型（右回旋）。主要参数见表 35-34、表 35-35，主要尺寸见表 35-36。

表 35-31 几种常用旋风除尘器的主要参数 /mm

参 数	CLT/A	蜗旋型	XLP/A	XLP/B	扩散式
入口形式	下倾螺旋切线型 $\alpha=15°$	蜗旋入口 $\beta=180°$	蜗旋入口 $\beta=180°$	蜗旋入口 $\beta=180°$	蜗旋入口 $\beta=180°$
入口宽度/m	0.4	0.79	0.375	0.5	0.26
排气管直径 d	$0.6D$	$0.4D$	$0.6D$	$0.6D$	$0.5D$
圆筒高度 h_1	$2.26D$	$0.9D$	上 $1.35D$ 下 $1.0D$	$1.7D$	$2.0D$
圆锥高度 h_2	$2.0D$	$2.0D$	上 $0.5D$ 下 $1.0D$	$2.3D$	$3.0D$
总高度 H	$4.26D$	$2.9D$	$3.85D$	$4.0D$	$5.0D$
排尘孔直径 d_c	$0.3D$	$0.16D$	$0.296D$	$0.43D$	$1.5D$
排气管插入深度 z	$1.5D$	$0.5D$	$0.5D$ $+0.36$	$0.28D$ $+0.36$	$1.1D$
锥体角度 α	20°	24°	上 37° 下 23°	14°	−9.5°
入口面积 $A_{入}$	$0.172D^2$	$0.1D^2$	$0.192D^2$	$0.175D^2$	$0.26D^2$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

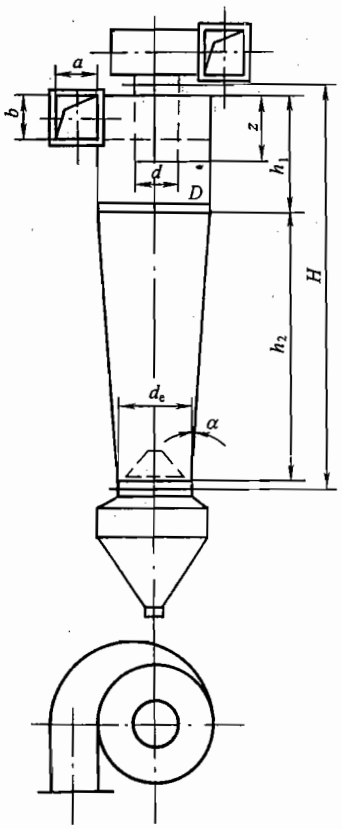


图 35-32 旋风除尘器结构

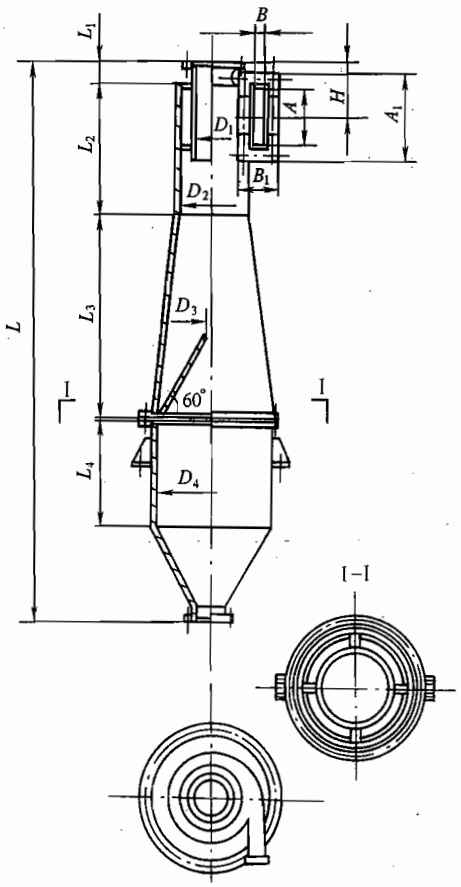


图 35-33 CLK 扩散式旋风除尘器

表 35-32 CLK 扩散式旋风除尘器主要参数

型 号	处理风量 /(m^3/h)	进口风速 /(m/s)	阻力/Pa	除尘效率/%	外形尺寸 (D×L)/mm	质量/kg
CLK-150	210～420	10～20	540～2168	90～98	φ150×1210	31
CLK-200	370～735				φ200×1619	49
CLK-250	595～1190				φ250×2039	71
CLK-300	840～1680				φ300×2447	98
CLK-350	1130～2270				φ350×2866	136
CLK-400	1500～3000				φ400×3277	214
CLK-450	1900～3800				φ450×3695	266
CLK-500	2320～4650				φ500×4106	330
CLK-600	3370～6750				φ600×4934	583
CLK-700	4600～9200				φ700×5716	780

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-33 CLK 扩散式旋风除尘器主要尺寸 /mm

公称直径	$A=D$	A_1	$B=0.26D$	B_1	H	$D_1=0.5D$	$D_2=D$	$D_3=0.05D$	$D_4=1.65D$	$L_1=0.2D$	$L_2=2D$	$L_3=3D$	L_4	L
150	150	218	39	107	108	75	150	7.5	250	30	300	450	250	1210
200	200	268	59	119	143	100	200	10	330	40	400	600	330	1600
250	250	318	66	134	178	125	250	12.5	415	50	500	750	415	2050
300	300	368	78	146	213	150	300	12.5	495	60	600	900	495	2447
350	350	418	90	158	248	175	350	17.5	580	70	700	1050	580	2800
400	400	510	104	215	284	200	400	20	662	80	800	1200	660	3250
450	450	510	117	227	319	225	450	22.5	747	90	900	1035	745	3680
500	500	610	129	239	350	250	500	25	827	100	1000	1500	824	4100
600	600	712	158	268	425	300	600	30	992	120	1200	1800	990	4900
700	700	812	183	295	490	350	700	35	1157	140	1400	2155	1155	5700

注：尺寸 D 为圆筒内径。

表 35-34 XLP/A 型旋风除尘器主要参数

规格	人口风速/(m/s)			外形尺寸 $\phi_1 \times H$/mm	质量/kg	
	12	14	16		X 型	Y 型
	处理风量/(m^3/h)					
XLP/A-3.0	750	870	1000	φ300×1380	51.64	41.12
XLP/A-4.2	1460	1700	1940	φ420×1880	93.9	76.16
XLP/A-5.4	2280	2660	3040	φ540×2350	150.88	121.76
XLP/A-7.0	4020	4680	5360	φ700×3040	251.98	203.26
XLP/A-8.2	5500	6410	7330	φ820×3540	346.1	278.66
XLP/A-9.4	7520	8770	10040	φ940×4055	450.36	365.94
XLP/A-10.6	9520	11100	12700	φ1060×4545	600.73	460.05

表 35-35 XLP/B 型旋风除尘器主要参数

型号	人口风速/(m/s)			外形尺寸 $\phi_1 \times H$/mm	质量/kg	
	12	14	16		X 型	Y 型
	处理风量/(m^3/h)					
XLP/B-3.0	740	840	950	φ300×1360	45.92	35.4
XLP/B-4.2	1470	1700	1890	φ420×1875	83.16	65.42
XLP/B-5.4	2440	2780	3130	φ540×2395	134.26	105.14
XLP/B-7.0	4260	4860	5470	φ700×3080	221.96	173.24
XLP/B-8.2	5850	6710	7520	φ820×3600	309.07	241.63
XLP/B-9.4	7650	8740	9840	φ940×4110	396.56	312.14
XLP/B-10.6	9700	11170	12500	φ10600×4620	497.97	393.29

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-36 XLP 型旋风除尘器主要尺寸 /mm

型 号	上筒体直径 ϕ_1	器体全高 H	入口管宽×高 $a_1\times b_1$	入口管法兰中心宽×高 $a_2\times b_2$	排出管直径 ϕ_2	排出管法兰中心距 ϕ_3	排灰口直径 ϕ_4	排灰口法兰中心距离 ϕ_5	入口管中心至器体中心距离 c_1	入口管中心至支架平面距离 c_2	入口管中心至排出管上平面距离 c_3
XLP/A-3.0	300	1380	80×240	110×270	180	210	114	146	190	620	340
XLP/A-4.2	420	1880	110×330	140×360	250	280	114	146	265	845	445
XLP/A-5.4	540	2350	140×400	176×436	320	356	114	146	340	1060	540
XLP/A-7.0	700	3040	180×540	216×576	420	456	114	146	440	1370	690
XLP/A-8.2	820	3540	210×630	256×676	490	536	165	197	515	1595	795
XLP/A-9.4	940	4055	245×735	291×780	560	606	165	197	592.5	1827.5	907.5
XLP/A-10.6	1060	4545	275×825	321×871	630	676	165	197	667.5	2052.5	1012.5
XLP/B-3.0	300	1360	90×180	120×210	180	210	114	146	167.8	335	245
XLP/B-4.2	420	1875	125×250	155×280	250	280	114	146	234.5	475	310
XLP/B-5.4	540	2395	160×320	196×356	320	356	114	146	301	610	380
XLP/B-7.0	700	3080	210×420	246×456	420	456	114	146	391.5	785	475
XLP/B-8.2	820	3600	245×490	291×536	490	536	165	197	458.5	925	545
XLP/B-9.4	940	4110	280×560	326×606	560	606	165	197	525	1055	615
XLP/B-10.6	1060	4620	315×630	360×676	630	676	165	197	591.5	1185	685

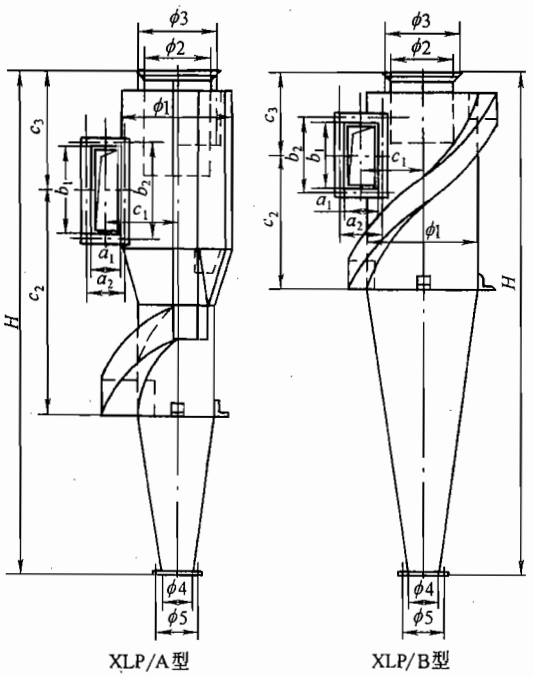


图 35-34 XLP 型旋风除尘器

③ CLT/A 型旋风除尘器 CLT/A 型旋风除尘器主要由旋风筒体、集灰斗和蜗壳（或集风帽）三部分组成。按筒体个数分有单筒、双筒、三筒和四筒、六筒等五种组合。每种组合有两种出风形式，分Ⅰ型和Ⅱ型。Ⅰ型为水平出风，被处理的气体，经蜗壳由中间汇集后排出；Ⅱ型为上部出风、气体经集风帽汇集后由上部排出。对于Ⅰ型双筒组合者另有正中进风和旁侧进风两种，Ⅰ型单筒和三筒只有旁侧进风一种，四筒和六筒则只有正中进风，对Ⅱ型各种组合，可采用上述Ⅰ型中的任意一种进风位置。其主要参数见表 35-37。

④ 其他型式的旋风除尘器 除以上介绍的几种常用旋风除尘器以外，还有 XP 旋风除尘器、CLG 多管旋风除尘器，XZZ-Ⅲ高效旋风除尘器等，其中 XZZ-Ⅲ旋风除尘器用于锅炉烟气除尘。

2.2.2 脉冲袋式除尘器

脉冲袋式除尘器的特点是周期性地向滤袋内喷吹压缩空气，以清除滤袋积灰，使滤袋效率保持恒定，这种清灰方式效果好，不损伤滤袋。

脉冲袋式除尘器的种类很多，如 SCC 型低压喷吹脉冲袋式除尘器、SSB 型顺喷脉冲袋式除尘器、MC 型国标脉冲袋式除尘器，YMC 型圆筒脉冲袋式除尘器、SMC 型各种规格脉冲袋式除尘器等。

MC24～120Ⅱ型脉冲袋式除尘器是在 MC24～

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-37 CLT/A 型旋风除尘器主要参数

型式	型号	处理风量/(m³/h)	设备阻力/Pa	外形尺寸/mm		质量/kg	
				Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅰ型	Ⅱ型
单筒旋风除尘器	CLT/A-3.0	670～1000	Ⅰ型 844～1913 Ⅱ型 755～1707	717×2501	717×2106	37	29
	CLT/A-3.5	910～1360		792×2869	792×2442	53	43
	CLT/A-4.0	1180～1780		888×3241	888×2780	61	48
	CLT/A-4.5	1500～2250		963×3610	963×3116	102	81
	CLT/A-5.0	1860～2780		1079×3981	1079×3054	126	98
	CLT/A-5.5	2240～3360		1154×4350	1154×3790	152	120
	CLT/A-6.0	2670～4000		1230×4720	1230×4127	176	139
	CLT/A-6.5	3130～4700		1305×5093	1305×4464	201	158
	CLT/A-7.0	3630～5400		1380×5460	1380×4799	241	189
	CLT/A-7.5	4170～6250		1455×5829	1445×5135	267	209
	CLT/A-8.0	4750～7130		1572×6192	1572×5465	315	250
二筒旋风除尘器	CLT/A-2×3.0	1340～2000	844～1913	778×888×2777	778×818×2881	207	216
	CLT/A-2×3.5	1820～2720		903×893×3114	903×893×3312	268	280
	CLT/A-2×4	2360～3560		1028×928×3521	1028×928×3745	343	358
	CLT/A-2×4.5	3000～4500		1153×943×3925	1153×943×4175	434	449
	CLT/A-2×5	3720～5560		1279×1150×4331	1279×1120×4709	562	584
	CLT/A-2×5.5	4480～6720		1404×1195×4735	1404×1195×5100	694	718
	CLT/A-2×6	5340～8000		1529×1269×5140	1529×1269×5521	861	887
	CLT/A-2×6.5	6260～9400		1654×1344×5548	1654×1344×5904	1027	1062
	CLT/A-2×7	7260～10800		1780×1450×5950	1780×1420×6334	1217	1244
	CLT/A-2×7.5	8340～12500		1905×1525×6354	1905×1495×6765	1414	1456
	CLT/A-2×8	9500～24260		2032×1600×6752	2032×1572×7190	1870	1919
三筒旋风除尘器	CLT/A-3×3.5	2730～4080	844～1913	1753×894×3569	1753×893×3872	515	540
	CLT/A-3×4	3540～5340		1928×968×4041	1928×967×4485	652	688
	CLT/A-3×4.5	4500～6750		2105×1045×4510	2105×1045×4896	886	927
	CLT/A-3×5	5580～8340		2280×1120×4980	2280×1120×5400	1108	1160
	CLT/A-3×5.5	6720～10080		2455×1195×5450	2455×1195×5921	1336	1394
	CLT/A-3×6	8010～12000		2630×1270×5920	2630×1270×6432	1644	1706
	CLT/A-3×6.5	9390～14100		2805×1345×6393	2805×1345×6944	1948	2050
	CLT/A-3×7	10890～16320		2982×1422×6860	2982×1422×7454	2280	2400
	CLT/A-3×7.5	12510～18750		3157×1497×7329	3157×1497×7965	2579	2703
	CLT/A-3×8	14250～21390		3332×1572×7792	3332×1572×8472	3210	3356
四筒旋风除尘器	CLT/A-4×3.5	3640～5440	844～1913	1240×1104×3209	1240×1104×3407	596	615
	CLT/A-4×4	4720～7120		1390×1230×2641	1390×1230×3865	780	805
	CLT/A-4×4.5	6000～9000		1542×1357×4074	1542×1357×5321	1032	1053
	CLT/A-4×5	7440～11120		1692×1482×4581	1692×1482×4859	1285	1320
	CLT/A-4×5.5	8960～13440		1842×1607×5010	1842×1607×5315	1567	1630
	CLT/A-4×6	10680～16000		1992×1732×5440	1992×1732×5772	2011	2059
	CLT/A-4×6.5	12520～18800		2146×1860×5873	2146×1860×6229	2554	2608
	CLT/A-4×7.0	14250～21760		2300×1990×6300	2300×1990×6680	3127	3189
	CLT/A-4×7.5	16680～25000		2450×2115×6729	2450×2115×7140	3556	3626
	CLT/A-4×8	19000～28520		2600×2200×7152	2600×2200×7590	4334	4411

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型式	型 号	处理风量 /(m³/h)	设备阻力 /Pa	外形尺寸/mm		质量/kg	
				Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅰ型	Ⅱ型
六筒旋风除尘器	CLT/A-6×4	7080～10680	844～1913	1756×1596×4041	1756×1596×4385	1364	1428
	CLT/A-6×4.5	9000～13500		1931×1771×4510	1931×1771×4896	1676	1749
	CLT/A-6×5	11160～16680		2006×1946×4981	2006×1946×5409	2062	2154
	CLT/A-6×5.5	13440～20160		2296×2146×5450	2296×2146×5920	2560	2672
	CLT/A-6×6	16020～24000		2460×2350×5920	2460×2350×6432	3395	3524
	CLT/A-6×6.5	18780～28200		2810×2475×6393	2640×2475×6944	4002	4156
	CLT/A-6×7	21780～32640		2810×2650×6860	2810×2650×7454	4709	4883
	CLT/A-6×7.5	25020～37500		2980×2824×7309	2985×2824×7965	5382	5577
	CLT/A-6×8	28500～42700		3160×3000×7792	3160×3000×8470	6245	6462

120Ⅰ型的基础上，经过不断改进、完善而成的。它除了具有Ⅰ型净化效率高、处理量大、性能稳定、使用寿命长的优点外，还具有比Ⅰ型技术性能高、应用范围广的特点。广泛应用于冶金、铸造、化工、建材、机械、轻工、橡胶等工矿企业的通风除尘，对改善环境、防止大气污染收到良好效果。技术参数见表35-39，常规装配方式见图35-35，外形结构及尺寸见图35-36、表35-40。

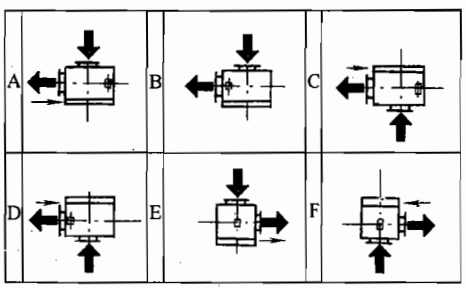


图 35-35 装配形式平面示意

脉冲袋式除尘器；→压缩空气入口方向；

←尘气入口方向；⊕排灰阀出口；

➡净气出口方向

注：EF为MC24～36Ⅱ型装配形式。

2.3 湿式净化设备

2.3.1 离心水膜除尘器

(1) CLS型水膜除尘器

本设备适用于清除空气中不起水化作用的粉尘，当含尘量小于2000mg/m³时可直接采用，大于2000mg/m³时可用于第二级除尘。

CLS型喷嘴有两种型式，X型用于通风机前，Y型用于通风机后。喷嘴前水压不小于0.03MPa，入口风速应保证17～23m/s。主要参数见表35-38。

表 35-38 CLS型水膜除尘器主要参数

型号	入口风速 /(m/s)	处理风量 /(m³/h)	用水量 /(L/s)	喷嘴数	阻力/Pa	
					X型	Y型
φ315	18 21	1600 1900	0.14	3		
φ443	18 21	3200 3700	0.20	4		
φ570	18 21	4500 5250	0.24	5		
φ634	18 21	5800 6800	0.27		540 746	491 667
φ730	18 21	7500 8700	0.30	6		
φ793	18 21	9000 10400	0.33	6		
φ888	18 21	11300 13200	0.36	6		

(2) 卧式旋风水膜除尘器

本设备适用于净化非纤维性、非黏结性及非腐蚀性气体。除尘器具有横置的筒形外壳和内壳，内外壳之间具有螺旋形的导流片，筒体下方安装水箱兼作灰浆槽用。按脱水方式分檐板脱水和旋风脱水两种，按导流片旋转方向分顺时针方向（S）和逆时针方向（N）两种，按进气方式分A式（垂直向上）和B式（水平）两种。主要技术参数见表35-41。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-39 MC24～120Ⅱ型脉冲袋式除尘器技术参数

技术参数	MC24Ⅱ	MC36Ⅱ	MC48Ⅱ	MC60Ⅱ	MC72Ⅱ	MC84Ⅱ	MC96Ⅱ	MC120Ⅱ
过滤面积/m^2	16	27	36	45	54	63	72	90
滤袋数量/个	24	36	48	60	72	84	96	120
滤袋规格/mm	ϕ120×2000	ϕ120×2000	ϕ120×2000	ϕ120～2000	ϕ120×2000	ϕ120×2000	ϕ120×2000	ϕ120×2000
处理风量/(m^3/h)	2160～4300	3250～6480	4320～3630	5400～10800	6450～12900	7560～15120	8640～17280	10800～21600
工作温度/℃	＜120	＜120	＜120	＜120	＜120	＜120	＜120	＜120
设备阻力/Pa	1200～1500	1200～1500	1200～1500	1200～1500	1200～1500	1200～1500	1200～1500	1200～1500
除尘效率/%	99～99.5	99～99.5	99～99.5	99～99.5	99～99.5	99～99.5	99～99.5	99～99.5
过滤风速/(m/min)	2～4	2～4	2～4	2～4	2～4	2～4	2～4	2～4
清灰喷吹压力/MPa	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7	0.5～0.7
压缩空气耗量/(m^3/min)	0.1～0.3	0.1～0.5	0.2～0.7	0.2～0.8	0.25～1	0.3～1.2	0.3～1.3	0.4～1.7
电磁脉冲阀/个	4	6	8	10	12	14	16	20
脉冲控制仪	LMK	LMK	LMK	LMK	LMK	LMK	LMK	LMK
外形尺寸/mm	1400×1000×3609	1400×1400×3609	1400×1800×3646	1400×2200×3646	1400×2600×3646	1710×3000×3670	1710×3560×3670	1710×4360×3670
排灰电机功率/kW	0.75	0.75	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
设备质量/kg	865	1060	1334	1490	1680	1942	2184	2594

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

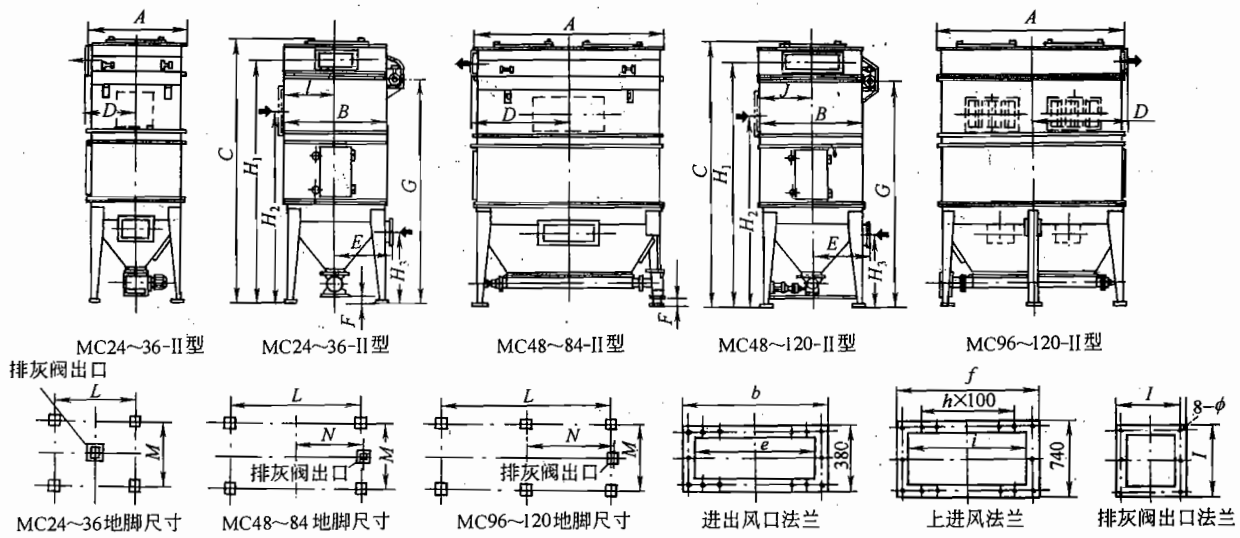


图35-36 MC24~120Ⅱ型脉冲袋式除尘器安装外形结构

表 35-40 MC24～120Ⅱ型脉冲袋式除尘器安装外形尺寸 /mm

型 号	A	B	D	E	F	H_1	H_2	H_3	I	L	M	N	b	e	f	h	i	l
24	1000	1678	560	770	118	3420	2700	1000	280	790	1242		480	400	540	3	460	790
36	1318	1678	760	770	110	3420	2700	1000	280	1190	1242		480	400	940	7	860	790
48	1720	1678	960	770	93	3400	2700	1000	226	1570	1242	790	880	800	1340	11	1260	790
60	2121	1678	1160	770	93	3400	2700	1000	226	1970	1232	990	880	800	1340	11	1260	790
72	2520	1678	1360	770	93	3400	2700	1000	226	2370	1232	1190	1080	1000	1340	11	1260	790
84	2970	1678	1585	770	93	3400	2700	1000	226	2820	1232	1390	1280	1200	1740	5	1660	790
96	3480	1678	1840	770	93	3400	2700	1000	226	3330	1232	1670	880 (1440)	800 (1360)	1140	9	1060	790
120	4280	1678	2240	770	93	3400	2700	1000	226	4130	1220	2070	886 (1440)	800 (1360)	1340	11	1260	790

注：MC96～120Ⅱ型脉冲袋式除尘器选用下进风时，括号内尺寸为出风口法兰尺寸（本设备采用上进风或下进风方式，用户可根据需要选用）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-41 卧式旋风水膜除尘器技术参数

风量/(m^3/h)	耗水量		檐板脱水			旋风脱水		
	每次换水/kg	连续供水/(kg/h)	外形尺寸/mm	阻力/Pa	质量/kg	外形尺寸/mm	阻力/Pa	质量/kg
1200～1600	170	120	1430×365×1742	<736	194			
1600～2200	170	120	1420×515×2010	<785	231			
2200～3300	270	140	1680×635×2204	<834	310			
3300～4800	400	200	1980×785×2561	<883	405			
4800～6500	530	240	2285×905×2765	<932	503			
6500～8500	670	280	2620×1055×3033	<981	621			
8500～12000	1100	360	3140×1206×3420	<1030	969	3150×1206×2920	<981	895
12000～16500	1500	450	3850×1336×3678	<1079	1224	3820×1356×3113	<1030	1125
16500～21000	2340	560	4155×1656×4333	<1128	1604	4235×1656×3598	<1079	1504
21000～26000	2860	640	4740×1808×4560	<1177	2481	4760×1808×3790	<1128	
26000～33000	3770	700	5320×1958×4898	<1226	2926	5200×1958×4083	<1177	

2.3.2 洗浴式除尘器

(1) CCJ/A 型冲激式除尘机组

本机组适用于净化无腐蚀性、温度不大于 300℃ 的含尘气体，特别是对于含尘浓度较高的场合更为合适。对于净化具有一定黏性的粉尘，也能获得较好的效果。

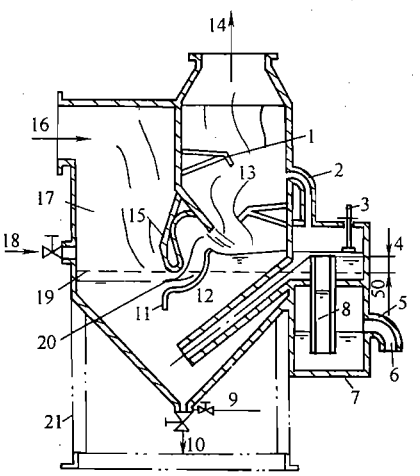


图 35-37 CCJ/A 型冲激式除尘机组

1—挡水板；2—通气管；3—水位自动控制装置；4—溢流堰；5—溢流管；6—溢流水；7—溢流箱；8—水封；9—冲洗；10—排泥浆；11—下叶片；12—连通管；13—净气分雾室；14—净气出口；15—上叶片；16—含尘气体入口；17—进气室；18—供水；19—充水水位（启动水位）；20—“S”形通道；21—除尘器组支架

含尘气体由入口进入除尘器（入口允许浓度为 $10\times10^4 mg/m^3$），气流转弯向下，冲击水面，部分较大的尘粒落入水中，当含尘气体以 28～36m/s 的速度通过上、下叶片间的 S 形通道时可激起大量的水花，从而和水汽充分接触，得以净化。本机组的水位由溢流箱控制在 3～10mm 内变动。主要技术参数及结构见表 35-42 及图 35-37。

(2) JN-64 型泡沫除尘器

JN-64 型泡沫除尘器是立式单层筛板泡沫除尘器，适用于呈灰烟的气体及亲水性不强的灰尘，主要参数见表 35-43，结构见图 35-38。

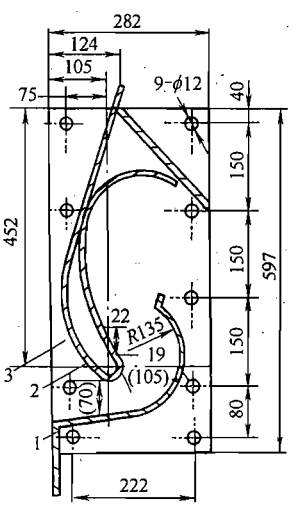


图 35-38 JN-64 型泡沫除尘器

1—下叶片；2—上叶片；3—端板

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-42 CCJ/A 型冲激式除尘机组技术参数

型 号	处理风量/(m^3/h)	阻力/Pa	耗水量/(t/h)	外形尺寸/mm	除尘效率/%	质量/kg
CCJ/A-5	4300～6000	981～1570	0.6	1568×1284×3124	>98	674
CCJ/A-7	6000～8450		0.8	1568×1634×3244		822
CCJ/A-10	8100～12000		1.2	1568×2012×3579		1010
CCJ/A-14	12000～17000		1.7	2600×1965×4488		1916
CCJ/A-20	17000～25000		2.4	2600×2513×4828		2322
CCJ/A-30	25000～36200		3.6	2600×3279×4828		2814
CCJ/A-40	35400～48200		4.7	2250×4200×5196		3714
CCJ/A-60	53800～72500		7.1	2250×5973×5566		4974

表 35-43 JN-64 型泡沫除尘器主要参数

型 号	进口风速/(m/s)	处理风量/(m^3/h)	设备阻力/Pa	耗水量/(t/h)	除尘效率/%	外形尺寸/mm	质量/kg
JN-64-D500	17～23	1000～2500	245～540	0.25～0.6	95	1053×824×3014	253
JN-64-D600		2000～4500		0.5～1.1		1024×924×3094	301
JN-64-D800		4000～6500		1～1.6		1453×1124×3264	400
JN-64-D900		6000～8000		1.5～2.1		1603×1224×3364	461
JN-64-D1000		8000～11000		2～2.7		1753×6324×3464	519
JN-64-D1100		10000～14000		2.6～3.5		1903×1424×3564	584

2.4 电除尘器

2.4.1 电除尘器的工作原理

电除尘器（见图 35-39）由本体和高压静电发生器组成。含尘气体在接有高压直流电源的阴极线和接地的阳极板之间所形成的高压电场通过时，由于阴极发生电晕放电，气体被电离，此时，带负电的气体离子在电场力的作用下向阳极运动，在运动中与粉尘颗粒相碰，使尘粒带负电；带负电后的粉尘在电场力的作用下亦向阳极运动，达到阳极后放出所带的电子，尘粒则沉积在阳极板上，得到净化的气体排出除尘器外。电除尘具有以下优缺点。

① 净化效率高，能捕集 0.1μm 以上的细颗粒粉尘。在设计中可以通过不同的操作参数来满足所要求的净化效率。

② 气体处理量大，可以完全自运控制，且阻力损失小（一般在 196Pa 以下），与旋风分离器相比，其供电机组和振打机构的总耗电能都较小。

③ 设备比较复杂，制造、安装和维护管理水平要求较高。

④ 受气体温度、湿度的影响较大。

⑤ 对粉尘有一定的选择性，广泛应用于发生炉煤气、焦炉煤气（除去焦油和粉尘）和除酸雾废气等的净化。

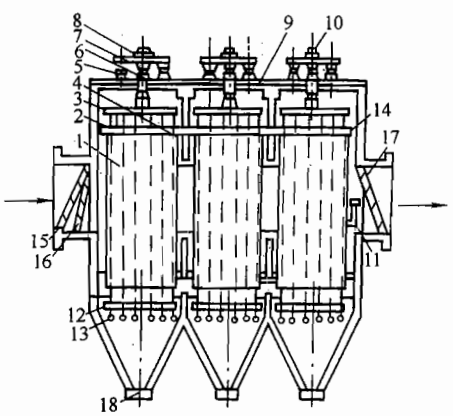


图 35-39 电除尘器

1—阳极；2—阴极；3—阴极上架；4—阴极上部支架；5—绝缘支座；6—石英绝缘管；7—阴极悬吊管；8—阴极支承架；9—顶板；10—阴极振打装置；11—阳极振打装置；12—阳极下架；13—阴极吊锤；14—外壳；15—进口第一块分布板；16—进口第二块分布板；17—出口分布板；18—排灰装置

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.4.2 DCJ系列静电除焦器

静电除焦器是净化合成气和城市煤气的有效设备。其特点如下。

① 气量范围大，可适用于1万～3万吨/年产量的合成氨厂及中小城市煤气厂。

② 电场采用套筒结构，结构紧凑，重量轻，安装方便。

③ 电场极大、间距大，放电电压高（40～60kV），电场强度大（100～250mA），除焦效率高。

④ 电场长度大，有利于提高除焦效率，可延长再生周期。

⑤ 新型的HL-Ⅱ恒流直流电源配套，运行可靠性高，调试维修方便，配套电源品种齐全。

其技术参数见表35-44，外形及配管尺寸见图35-40、表35-45。

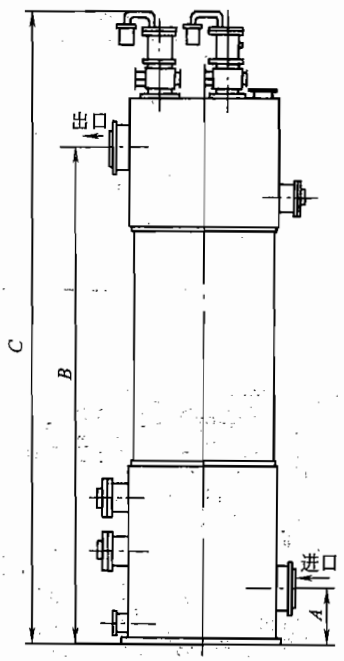


图35-40 静电除焦器

表35-44 技术参数

技术参数		DCJ-Ⅰ	DCJ-Ⅱ	DCJ-Ⅲ
工作压力/MPa		≤0.025		
设计压力/MPa		≤0.07		
工作温度/℃		≤50		
设计温度/℃		≤80		
处理气体		含焦油煤气		
处理气量/(m^3/h)		5000～7500	10000～13500	15000～20000
除焦蒸气压力/MPa		0.05～0.1		
设计除焦效率/%		≥95		
配用高压电源	额定电压/kV	40	60	60
	额定电源/mA	120	200	250
外形尺寸(直径×高度)/mm		φ1700×9364	φ2300×11700	φ2800×12100
质量/t		7.8	15	20

表35-45 配管尺寸 /mm

配管尺寸	DCJ-Ⅰ	DCJ-Ⅱ	DCJ-Ⅲ
A	700	700	700
B	7516	9535	9826
C	9364	11700	12100

表35-46 技术参数

工作压力/Pa	工作温度/℃	气流速度/(m/s)	处理能力/(m^3/h)	效率/%
−490	≤90	0.3～0.6	1000～3000	97～99
变压器	风机(抽负压)/kW	电加热/kW	总体尺寸/m	质量/kg
0.02A/72kV	0.75	4.5	φ1.2×7(高)	2000

表35-47 DWBB型玻璃钢板式电除雾器技术参数

技术参数	DWBB-7	DWBB-8	DWBB-9	DWBB-10	DWBB-12	DWBB-19
烟气有效流通面积/m^2	7	8	9	10	12	19
生产能力/(m^3/h)	8000	15000	20000	25000	30000	55000
效率/%	>98	>98	>98	>98	>98	>98
气流速度/(m/s)	0.5～1	0.5～1	0.5～1	0.5～1	0.5～1	0.5～1
工作压力/Pa	−3500～1000	−3500～1000	−3500～1000	−3500～1000	−3500～1000	−3500～1000
工作温度/℃	≤60	≤60	≤60	≤60	≤60	≤60
尺寸(长×宽×高)/m	6.7×1.9×6.7	6.6×4.3×6.7	9×2.5×6.7	10.4×2.8×6.7	10.5×3.1×6.7	12×5×6.7
配套电源/(A/kV)	0.1×60	0.1×60	0.2×60	0.2×60	0.2×60	0.2×60

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.4.3 玻璃钢静电除雾器

(1) DWBY型玻璃钢圆筒式电除雾器

该设备由高压静电发生器和玻璃钢圆筒组成，筒体选用优质玻璃钢，采用特殊工艺加工制成，能长时间经受90℃左右高温，不变形，不老化，能经受各类酸雾的腐蚀。其技术参数及规格见表35-46。

(2) DWBB型玻璃钢板式电除雾器

该设备主要由电器部分和玻璃钢板本体组成。本体采用卧式双电场结构，可提高除酸雾效率；本体的优质玻璃钢经特殊工艺加工而成，能长期经受60℃左右高温，热变形小，不易老化，能经受酸雾的长期腐蚀。其技术参数及规格见表35-47。

3 搪玻璃设备

搪玻璃设备是由含硅量高的玻璃质釉喷涂在钢板表面，经920～960℃多次高温搪烧，使玻璃质釉密着于金属胎表面而成。搪玻璃设备的性能如下特点。

(1) 耐腐蚀性

能耐无机酸、有机酸、有机溶剂及pH值小于或等于12的碱溶液，但对强碱、氢氟酸及温度大于180℃、浓度大于30%的磷酸不适用。

(2) 不黏性

光滑的玻璃面不黏介质且容易清洗。

(3) 绝缘性

适用于介质在过程中易产生静电的场合。

(4) 隔离性

玻璃层将介质与容器钢胎隔离、铁离子不溶入介质。

(5) 保鲜性

玻璃层对介质具有优良的保鲜性能。

搪玻璃设备出厂前玻璃层均经20kV高电压检验，不导电为合格。玻璃层厚度一般为0.8～2.0mm。成品玻璃面耐温差急变性能为：热冲击120℃，冷冲击110℃。

搪玻璃设备、管子、管件及人手孔等配套件系列已有新标准，选用时应注意说明。

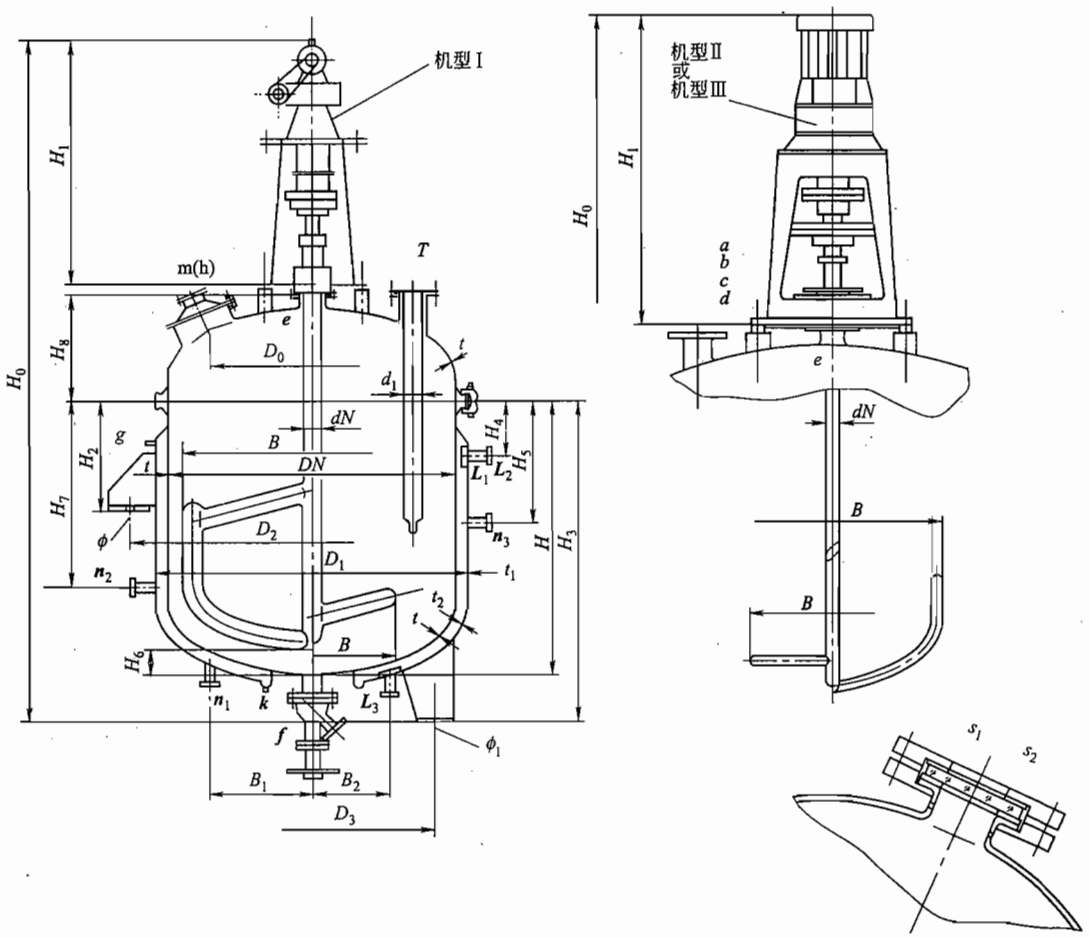


图35-41 搪玻璃开式搅拌容器结构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.1 搪玻璃开式搅拌容器（HG/T 2371—2003）

(1) 技术参数

容器内设计压力小于或等于1.0MPa、夹套内设计压力小于或等于0.6MPa、容积50～5000L、容器和夹套内介质温度高于－20～200℃，详见表35-48。

(2) 结构型式

搪玻璃开式搅拌容器的型式见图35-41，管口尺寸及方位见图35-42。其中传动装置有Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型三种，按HG/T 2052选用。搅拌器型式有锚式、框式、桨式、叶轮式，按HG/T 2051选用。温度计套管根据搅拌器型式，选用配套的不带测温头及带测温头的温度计套管，或选用不带测温头及带测温头的翅片式温度计套管，按HG/T 2058选用。搅拌容器与温度计套的配置形式见图35-43。根据使用要求，当容器直径*DN*小于或等于1100mm，可配置搪玻璃平盖手孔、搪玻璃快开手孔、搪玻璃带视镜手孔或搪玻璃带视镜快开手孔，毛孔按HG/T 2145选用。当容器直径*DN*大于或等于1200mm，可配置搪玻璃带视镜人孔或搪玻璃带视镜和平衡器人孔，人孔按HG/T 2055选用。容器轴密封有机械密封和填料密封，按HG/T 2057和HG/T 2048.1选用。填料密封只适用设计压力小于或等于0.1MPa的开式搅拌容器，机械密封适用于设计压力大于或等于0.1MPa的开式搅拌容器。开式搅拌容器的出料口可配置搪玻璃上展式放料阀，按HG/T 3217选用或配置搪玻璃下展式放料阀，按HG/T 3218选用。安装支座有耳式支座，按JB/T 4725选用或支承式支座，按JB/T 4724选用。搪玻璃开式搅拌容器技术特性表见表35-48，搪玻璃开式搅拌容器管口尺寸见表35-49，搪玻璃开式搅拌容器主要尺寸见表35-50。

表35-48 搪玻璃开式搅拌容器技术特性

序号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
容积*VN*/L		50		100		200		300		400	500		800
公称直径*DN*/mm	L系列	400		500		600		700		800	900		1000
	S系列		500		600		700		800			1000	
计算容积*VJ*/L		59	70	110	127	218	247	324	369	469	588	652	878
容积系数*VN*/*VJ*		0.85	0.71	0.91	0.79	0.79	0.81	0.93	0.81	0.85	0.85	0.89	0.91
夹套换热面积/m²		0.55	0.54	0.84	0.84	1.4	1.5	1.9	1.9	2.4	2.6	2.4	3.7
设计压力*PN*		容器内：0.25MPa、0.6MPa、1.0MPa；夹套内：0.6MPa											
介质温度及容器材质		0～200℃，材质为Q235-A、B、C；或高于－20～200℃，材质为20R或按HC 2432规定											
搅拌轴公称直径*dN*/mm		40		50				65					
电动机功率/kW	锚式搅拌器	0.55		0.75		1.1		1.5		2.2			2.2
	框式搅拌器												
	桨式搅拌器												
	叶轮式搅拌器												3.0
电动机型式		Y型或YB型系列（同步转速1500r/min）											
搅拌轴公称转速		锚式、框式搅拌器63r/min、80r/min；桨式搅拌器80r/min、125r/min；叶轮式125r/min											
传动装置型号	机型Ⅰ	CWS 100-200						CWS 100-250					
	机型Ⅱ、Ⅲ	BLD-1						BLD-2					
耳式支座		AN1×4				AN2×4				AN3×4			
搅拌容器与温度计套组合形式		见图35-43											
搅拌轴密封		搪玻璃填料箱（适用于0MPa≤*PN*≤0.1MPa，介质温度0～100℃）；带冷却水夹套搪玻璃填料箱（适用于0MPa≤*PN*≤0.1MPa，介质温度0～200℃） 机械密封（适用于0.1MPa≥*PN*≤1.0MPa）											

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

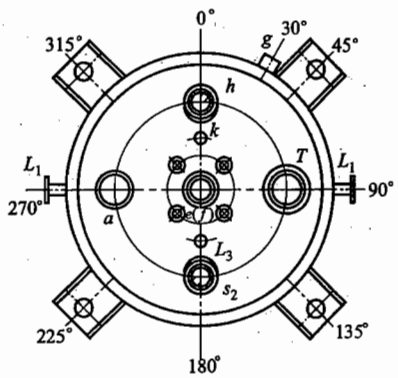
续表

序号		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
放料阀		搪玻璃上展式放料阀或下展式放料阀 $PN \leqslant 1.0$MPa													
参考质量/kg		340	380	415	445	510	585	685		745	810	905	905	1115	
容积 VN/L		1000		1500		2000		2500		3000		4000		5000	
公称直径 DN/mm	L系列	1100		1200		1300		1450		1450		1600		1750	
	S系列		1200		1300		1450		1600		1600		1750		
计算容积 VJ/L		1176	1245	1641	1714	2179	2197	2775	2957	3155	3380	4348	4340	5435	
容积系数 VN/VJ		0.85	0.80	0.91	0.88	0.92	0.91	0.90	0.85	0.95	0.89	0.92	0.92	0.92	
夹套换热面积/m²		4.6	4.5	5.8	5.2	7.2	6.7	8.3	8.2	9.3	9.3	11.7	10.9	13.4	
设计压力 PN		容器内：0.25MPa、0.6MPa、1.0MPa 夹套内：0.6MPa					容器内：0.25MPa、0.6MPa 夹套内：0.6MPa								
介质温度及容器材质		0～200℃，材质为 Q235-A、B、C；或高于－20～200℃，材质为 20R 或按 HC 2432 规定													
搅拌轴公称直径 dN/mm		80								95					
电动机功率/kW	锚式搅拌器	3.0				4.0				5.5				5.5	
	框式搅拌器														
	桨式搅拌器														
	叶轮式搅拌器	4.0												7.5	
电动机型式		Y 型或 YB 型系列（同步转速 1500r/min）													
搅拌轴公称转速		锚式、框式搅拌器 63r/min、80r/min；桨式搅拌器 80r/min、125r/min；叶轮式 125r/min													
传动装置型号	机型Ⅰ	CWS 125-300												CWS 160-400	
	机型Ⅱ、Ⅲ	BLD-3												—	
耳式支座		A3×4		A4×4											
支承式支座		A2×4			A3×4							A4×4			
搅拌容器与温度计套组合形式		见图 35-43													
搅拌轴密封		搪玻璃填料箱（适用于 0MPa≤PN≤0.1MPa，介质温度 0～100℃）；带冷却水夹套搪玻璃填料箱（适用于 0MPa≤PN≤0.1MPa，介质温度 0～200℃） 机械密封（适用于 0.1MPa≤PN≤1.0MPa）													
放料阀		搪玻璃上展式放料阀或下展式放料阀 $PN \leqslant 1.0$MPa													
参考质量/kg		1610	1785	1910	2250	2485	2690	2730	3400	3350	3670	4210	4580	5275	

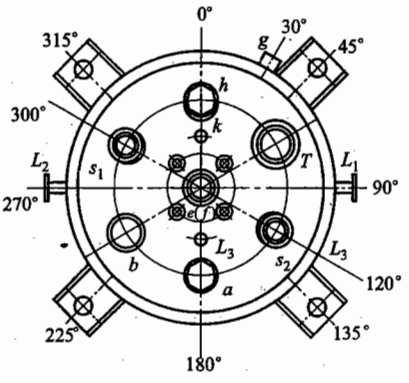
注：1. 参考重量（质量）中不包括电动机及搪玻璃层重量（质量）。

2. 参考重量（质量）按容器公称压力 1.0MPa 系列计算。

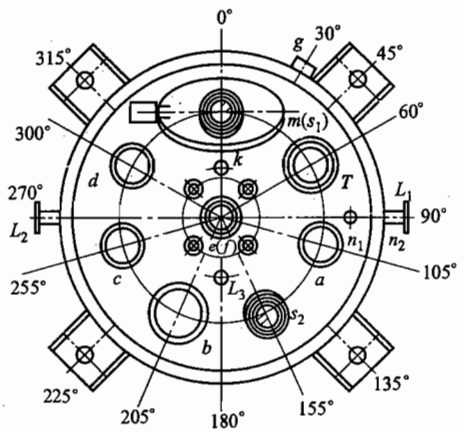
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



*DN*400～600mm



*DN*700～1100mm



*DN*200～1750mm

图 35-42 搪玻璃开式搅拌容器管口尺寸及方位

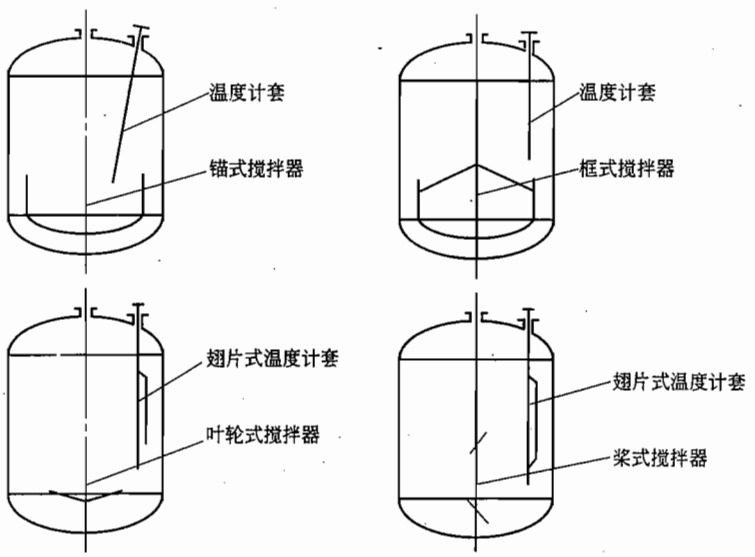


图 35-43 搅拌容器与温度计套的配置形式

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-49 搪玻璃开式搅拌容器管口尺寸 /mm

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		容器盖管口公称直径								容器盖管口公称直径			夹套管口公称管径					
		L 系列	S 系列	人孔	手孔	搅拌孔	温度计套管口	视镜	灯孔	放料口	备用口	备用口	备用口	备用口	蒸汽进口	凝水出口	放气口	管口及喷嘴		放净口
				m	h	e	T	s_1	s_2	f	a	b	c	d	L_1, L_2	L_3	g	n_1, n_2	n_3	k
1	50	400			带视镜 80	65	65		65	65	65				20	20	G3/8″			G1/2″
2			500																	
3	100	500				80														
4			600																	
5	200	600					80		65											
6			700		125			65		80	80	65			25	25				
7	300	700				100														
8			800																	
9	400	800													32	32		50 (32A)		
10	500	900			150															
11			1000		200		125	80	80											
12	800	1000																		
13	1000	1100				125				100	100	125	100	125			G3/4″	65 (40A)	65 (40A)	
14			1200	带视镜 250×350			150		100						40	40				
15	1500	1200																50 (32A)		
16			1300						125	125										
17	2000	1300								100					50	50				
18			1450																	
19	2500	1450				150				125								65 (40A)		
20			1600	带视镜 300×400																
21	3000	1450					200				125	150	125		65	65				
22			1600																	
23	4000	1600																		
24			1750																	
25	5000	1750																		

注：1. 备用口可用于安装压力表、安全阀或防爆装置，也可用于安装压料管。

2. 若夹套内为气、汽传热，不需液体喷嘴时，原安装液体喷嘴的接口内须装置蒸汽挡板。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-50 搪玻璃开式搅拌容器主要尺寸 /mm

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		D_1	D_2	D_3	D_0	dN	H	H_0			H_1		
		L系列	S系列							机型			机型		
										Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
1	50	400		500	608		280	40	500	1850	1787	1872	985	922	1007
2			500	600	708		350		400	1830	1712	1797	985	922	1007
3	100	500		600	708		350	50	600	1975	1932	1997	985	942	1007
4			600	700	846		420		500	1940	1842	1907	985	942	1007
5	200	600		700	846		420		820	2225	2177	2242	1005	957	1022
6			700	800	948		490		700	2195	2097	2162	1005	957	1022
7	300	700		800	948		490	65	900	2435	2425	2460	1095	1085	1120
8			800	900	1048		560		800	2440	2360	2395	1095	1085	1120
9	400	800		900	1048		560		1000	2570	2560	2595	1095	1085	1120
10	500	900		1000	1172		630		1000	2700	2620	2655	1150	1120	1155
11			1000	1100	1276		700		800	2475	2445	2480	1150	1120	1155
12	800	1000		1100	1276		700		1200	2875	2845	2880	1150	1120	1155
13	1000	1100		1200	1378	840	770	80	1330	3415	3349	3424	1300	1234	1309
14			1200	1300	1478	950	840		1200	3140	3244	3319			
15	1500	1200		1300	1478	950	840		1550	3660	3594	3669			
16			1300	1450	1656	1080	910		1400	3365	3469	3544			
17	2000	1300		1450	1656	1080	910		1750	3885	3819	3894			
18			1450	1600	1810	1200	1020		1450	3450	3557	3632			
19	2500	1450		1600	1810	1200	1020		1800	3973	3904	3982			
20			1600	1750	1960	1300	1120		1600	3810	3744	3819			
21	3000	1600		1600	1810	1200	1020	95	2030	4253	4247	4261	1380	1344	1358
22			1600	1750	1960	1300	1120		1810	3920	4074	4088			
23	4000	1600		1750	1960	1300	1120		2290	4560	4554	4568			
24			1750	1900	2112	1400	1220		1950	4250	4244	4258			
25	5000	1750		1900	2112	1400	1220		2410	4665			1505		

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		H_2	H_3	H_4	H_5	H_6		H_7	H_8
		L系列	S系列					锚式及框式	桨式及叶轮式		
1	50	400		320	1000	210		50	80		280
2			500	300	950	210		50	90		305
3	100	500		350	1150	210		50	90		305
4			600	350	1050	240		60	110		315
5	200	600		350	1370	240		60	110		315
6			700	380	1250	250		60	130		355
7	300	700		380	1450	250		60	130		355
8			800	380	1400	250		80	150		390
9	400	800		380	1600	250		80	150		390
10	500	900		400	1600	270		80	160		415
11			1000	450	1400	270		80	180		440
12	800	1000		450	1800	270		80	180		440

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		H_2	H_3	H_4	H_5	H_6		H_7	H_8
		L系列	S系列					锚式及框式	桨式及叶轮式		
13	1000	1100		470	1630	270		80	210		475
14			1200	600	1500	270		100	210		500
15	1500	1200		600	1850	270		100	210	1000	500
16			1300	650	1700	310		100	210	950	525
17	2000	1300		650	2050	310		100	210	1100	525
18			1450	650	1750	310		100	240	950	563
19	2500	1450		650	2100	310		120	240	1200	563
20			1600	650	1900	310		120	240	1000	600
21	3000	1450		700	2330	310		120	240	1200	563
22			1600	700	2110	310		130	240	1100	610
23	4000	1600		700	2590	310	1000	130	240	1700	610
24			1750	700	2250	310	900	130	270	1400	640
25	5000	1750		700	2710	310	1000	130	270	1700	640

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		B				t	t_1/t_2	d_1	B_1	B_2	ϕ	ϕ_1
		L系列	S系列	锚式	框形	桨式	叶轮式							
1	50	400		320	320	250	250	8	6/6			220	4-25	
2			500	420	420	300	300	8	6/6			250	4-25	
3	100	500		420	420	300	300	8	6/6			250	4-25	
4			600	520	520	300	300	8	6/6			250	4-25	
5	200	600		520	520	300	360	8	6/6	32		250	4-25	
6			700	620	620	400	420	10	6/8			270	4-25	
7	300	700		620	620	400	420	10	6/8			270	4-25	
8			800	720	720	500	480	10	6/8			270	4-25	
9	400	800		720	720	500	480	10	6/8			270	4-25	
10	500	900		810	810	500	540	10	6/8			270	4-25	
11			1000	880	880	500	600	12	8/8	50		270	4-25	
12	800	1000		880	880	500	600	12	8/8			270	4-25	
13	1000	1100		980	980	600	720	12	8/10			270	4-30	4-25
14			1200	1080	1080	680	720	12	8/10			350	4-30	4-25
15	1500	1200		1080	1080	680	720	12	8/10			350	4-30	4-30
16			1300	1180	1180	680	720	14	8/10		510	350	4-30	4-30
17	2000	1300		1180	1180	680	720	14	8/10		510	350	4-30	4-30
18			1450	1320	1320	720	800	14	10/10		510	350	4-30	4-30
19	2500	1450		1320	1320	720	800	14	10/10	65	510	350	4-30	4-30
20			1600	1440	1440	720	800	16	10/12		510	400	4-30	4-30
21	3000	1450		1320	1320	720	800	14	10/10		510	350	4-36	4-30
22			1600	1440	1440	720	800	16	10/12		510	400	4-36	4-30
23	4000	1600		1440	1440	720	800	16	10/12		510	400	4-36	4-36
24			1750	1580	1580	720	900	18	10/12	80	510	400	4-36	4-36
25	5000	1750		1580	1580	720	900	18	10/12		510	400	4-36	4-36

注：表中 t、t_1、t_2 为名义厚度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 型号标记

K ××—×—×××××× HG/T 2371—2003

- 搪玻璃开式搅拌容器标准号
- 放料阀代号：上展式为 S，下展式为 C
- 容器支座形式代号：耳式为 A，支承式为 B
- 搅拌器代号：锚式为 M，框式为 K，桨式为 J，叶轮式为 Y
- 温度计套代号：不带测量头的温度计套 d
 - 带测温头的温度计套 D
 - 不带测温头翅片式温度计套 t
 - 带测温头翅片式温度计套 T
- 轴密封代号：填料箱 L
 - 带冷却水夹套填料箱 l
 - 机械密封 P
- 人孔代号或手孔代号：带视镜人孔 m
 - 带视镜和平衡器人孔 G
 - 平盖手孔 H
 - 带视镜手孔 h
 - 快开手孔 Z
 - 带视镜快开手孔 z
- 容积 / 公称直径
- 设计压力(MPa)：0.25，0.6，1.0
- 传动装置代号：机型 Ⅰ 代号 Ⅰ，机型 Ⅱ 代号 Ⅱ，机型 Ⅲ 代号 Ⅲ
- 开式搅拌容器代号 K

标记示例：搪玻璃开式搅拌容器，设计压力 0.25MPa，搪玻璃开式搅拌容器容积 1000L，容器公称直径 1200mm，采用机型Ⅱ传动装置，佩戴视镜的平衡器人孔，搅拌轴密封选用 212 型机械密封，温度计为套管带测温头，搅拌器为锚式，容器安装支座形式为支承式支座，配下展式放料阀。

标记表示为：KⅡ0.25—1000/1200—GPDMBC HG/T 2371—2003

3.2 搪玻璃闭式搅拌容器（HG/T 2372—2003）

(1) 技术参数

容器内设计压力小于或等于 1.0MPa、夹套内设计压力小于或等于 0.6MPa、容积 2500～20000L、容器和夹套内介质温度高于－20～200℃，详见表 35-51。

表 35-51 搪玻璃闭式搅拌容器技术特性

序号		1	2	3	4	5	6	7	8
容积 VN/L		2500	3000	4000		5000		6300	
公称直径 DN/mm	L系列			1600		1750		1750	
	S系列	1600	1600		1750		1900		1900
计算容积 VJ/L		3385	3811	4780	4907	6011	5734	6866	6868
容积系数 VN/VJ		0.74	0.79	0.84	0.82	0.83	0.87	0.92	0.92
夹套传热面积/m^2		8.68	9.74	12.16	11.76	14.89	12.41	19.89	14.79
设计压力/MPa	容器内	0.25、0.6 或 1.0							
	夹套内	0.6							
介质温度及容器材质		0～200℃，材质为 Q235-A、B、C；或高于－20～200℃，材质为 20R 或按 HG 2432 选用							
搅拌轴公称直径 dN/mm		80	95						
电动机功率/kW	叶轮式搅拌器	4.0	5.5			7.5	7.5		
	桨式搅拌器					5.5			
搅拌轴公称转速		叶轮式搅拌器为 125r/min，桨式搅拌器为 80r/min 或 125r/min							

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号			1	2	3	4	5	6	7	8
电动机型式			Y型或YB型系列(同步转速1500r/min)							
传动装置	机型Ⅰ	减速机型号	CWS125-300				CWS160-400			
	机型Ⅱ 机型Ⅲ		BLD-3							
支座型式、规格及数量		耳式	A4×4							
		支承式	A3×4			A4×4				
搅拌容器、温度计套组合型式			见图35-44、图35-45和表35-52							
搅拌轴密封		填料密封	搪玻璃填料箱(适用于0MPa≤PN≤0.1MPa,介质温度0～100℃) 带冷却水夹套搪玻璃填料箱(适用于0MPa≤PN≤0.1MPa,介质温度0～200℃)							
		机械密封	机械密封(适用于0.1MPa≤PN≤1.0MPa)							
放料阀		适用范围	搪玻璃上展式放料阀或下展式放料阀适用于PN≤1.0MPa							
		公称直径	125/80							
参考质量/kg			2900	3260	3830	3980	4640	4390	5150	4990

序号		9	10	11	12	13	14	15	16	17
容积VN/L		8000		10000		12500		16000		20000
公称直径DN/mm	L系列	2000		2200		2200		2400		2600
	S系列		2200		2400		2400		2600	
计算容积VJ/L		9060	8976	11674	11655	13651	13600	17446	17490	21790
容积系数VN/VJ		0.88	0.89	0.86	0.86	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
夹套传热面积/m²		18.38	16.52	21.35	19.82	24.89	23.06	29.48	27.42	34.04
设计压力/MPa	容器内	0.25、0.6或1.0								
	夹套内	0.6								
介质温度及容器材质		0～200℃,材质为Q235-A、B、C;或高于－20～200℃,材质为20R或按HG 2432选用								
搅拌轴公称直径dN/mm		95		110				125		140
电动机功率/kW	叶轮式搅拌器	11		11		15		18.5		
	桨式搅拌器	7.5								
搅拌轴公称转速		叶轮式搅拌器为125r/min,桨式搅拌器为80r/min或125r/min								
电动机型式		Y型或YB型系列(同步转速1500r/min)								
传动装置 机型Ⅰ	减速机型号	CWS160-40		CWS200-500				CWS200-550		
支座型式、规格及数量	悬挂式	A5×4								A6×4
	支承式	A6×4								A6×4
搅拌容器、温度计套组合型式		见图35-44、图35-45和表35-52								
搅拌轴密封	填料密封	搪玻璃填料箱(适用于0MPa≤PN≤0.1MPa,介质温度0～100℃) 带冷却水夹套搪玻璃填料箱(适用于0MPa≤PN≤0.1MPa,介质温度0～200℃)								
	机械密封	机械密封(适用于0.1MPa≤PN≤1.0MPa)								
放料阀	适用范围	搪玻璃上展式放料阀或下展式放料阀适用于PN≤1.0MPa								
	公称直径	125/60		150/100						
参考质量/kg		6280	6510	8100	8130	9610	9100	11230	11280	13220

注：参考重量（质量）中不包括传动装置重量（质量）及搪玻璃层重量（质量）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-52 搪玻璃闭式搅拌容器管口尺寸 /mm

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		夹套									罐体	封头										
		L系列	S系列	蒸汽进口或液体出口		凝水出口 L_3	液体喷嘴管口及喷嘴规格			液体出口 n_4	不凝性气体排放口 g	残液放净口 k	放料口 f	带视镜(带视镜和平衡器)人孔 m	灯孔 s	压力表口 p	温度计套管口		备用口加料口				搅拌孔 e	罐盖 h
				L_1	L_2		n_1	n_2	n_3								T_1	T_2	a	b	c	d		
1	2500		1600	50	50	50	65(40A)	65(40A)			3/4″	1/2″	125	400×300	125	100	150		125	125	100		125	600
2	3000		1600	65	65	65	65(40A)	65(40A)			3/4″	1/2″	125	400×300	125	100	150		125	125	100		150	600
3	4000	1600		65	65	65	65(40A)	65(40A)	65(40A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	150		125	125	100		150	600
4			1750	65	65	65	65(40A)	65(40A)	65(40A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		125	150	150		150	600
5	5000	1750		65	65	65	65(40A)	65(40A)	65(40A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		125	150	150		150	600
6			1900	65	65	65	65(40A)	65(40A)	65(40A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		125	150	150	150	150	700
7	6300	1750		65	65	65	65(50A)	65(50A)	65(50A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		125	150	150		150	600
8			1900	65	65	65	65(50A)	65(50A)	65(50A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		125	150	150	150	150	700
9	8000	2000		65	65	65	65(50A)	65(50A)	65(50A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200		150	150	150	150	150	800
10			2200	80	80	80	65(50A)	65(50A)	65(50A)		3/4″	1/2″	125	400×300	125	125	200	200	150	150	150	150	150	800
11	10000	2200		80	80	80	80(60A)	80(60A)	80(60A)	80	3/4″	1/2″	150	400×300	125	125	200	200	150	150	150	150	200	800
12			2400	80	80	80	80(60A)	80(60A)	80(60A)	80	3/4″	1/2″	150	450	125	125	200	200	150	150	150	150	200	800
13	12500	2200		80	80	80	80(60A)	80(60A)	80(60A)	80	3/4″	1/2″	150	400×300	125	125	200	200	150	150	150	150	200	800
14			2400	80	80	80	80(60A)	80(60A)	80(60A)	80	3/4″	1/2″	150	450	125	125	200	200	150	150	150	150	200	800
15	16000	2400		100	100	100	100(70A)	100(70A)	100(70A)	100	3/4″	1/2″	150	450	125	125	200	200	150	150	150	150	200	800
16			2600	100	100	100	100(70A)	100(70A)	100(70A)	100	3/4″	1/2″	150	450	125	125	200	200	150	150	150	150	200	900
17	20000	2600		1	100	100	100(70A)	100(70A)	100(70A)	100	3/4″	1/2″	150	450	125	125	200	200	150	150	150	150	250	900

注：1. 若夹套内为气、汽传热，不需喷嘴时，原装液体喷嘴的接口内须装蒸汽挡板。
2. 备用口可用于安装安全阀或爆破片装置，也可用于安装压料管。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(2) 结构型式

搪玻璃闭式搅拌容器的型式见图35-44，管口尺寸及方位见图35-45。其中传动装置有Ⅰ型、Ⅱ型和Ⅲ型三种，按HG/T 2052选用。搅拌器型式有桨式及叶轮式，按HG/T 2051选用。温度计套管根据搅拌器型式；选用配套的不带测温头及带测温头的翅片式温度计套管，按HG/T 2058选用。根据使用要求，可配置搪玻璃带视镜人孔或搪玻璃带视镜和平衡器人孔，人孔按HG/T 2055选用。容器轴密封有机械密封和填料密封，按HG/T 2057和HG/T 2048.1选用。填料密封只适用设计压力小于或等于0.1MPa的闭式搅拌容器，机械密封适用于设计压力大于或等于0.1MPa的闭式搅拌容器。闭式搅拌容器的出料口可配置搪玻璃上展式放料阀，按HG/T 3217选用或配置搪玻璃下展式放料阀，按HG/T 3218选用。安装支座有耳式支座，按JB/T 4725选用或支承式支座，按JB/T 4724选用。搪玻璃闭式搅拌容器技术特性表见表35-51，搪玻璃开式搅拌容器管口尺寸见表35-52，搪玻璃开式搅拌容器主要尺寸见表35-53。

表35-53 搪玻璃闭式搅拌容器主要尺寸 /mm

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	dN	d_1	$\sim H_0$ 机型			$\sim H_1$ 机型		
		L系列	S系列								Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
1	2500		1600	1120	1750	1960	1300	600	80	65	3810	3744	3819	1300	1234	1309
2	3000		1600	1120	1750	1960	1300	600	95	65	4080	4074	4089	1350	1344	1359
3	4000	1600		1120	1750	1960	1300	600	95	65	4560	4554	4569	1350	1344	1359
4			1750	1220	1900	2112	1400	600	95	80	4258	4252	4267	1350	1344	1359
5	5000	1750		1220	1900	2112	1400	600	95	80	4843			1475		
6			1900	1330	2050	2256	1530	700	95	80	4396			1475		
7	6300	1750		1220	1900	2112	1400	600	95	80	5199			1475		
8			1900	1330	2050	2256	1530	700	95	80	4796			1475		
9	8000	2000		1400	2200	2418	1650	800	95	80	5362			1545		
10			2200	1540	2400	2618	1800	800	95	95	4875			1545		
11	10000	2200		1540	2400	2618	1800	800	110	95	5810			1770		
12			2400	1680	2600	2822	1950	800	110	95	5343			1770		
13	12500	2200		1540	2400	2618	1800	800	110	95	6330			1770		
14			2400	1680	2600	2822	1950	800	110	95	5773			1770		
15	16000	2400		1680	2600	2822	1950	800	125	95	6718			1865		
16			2600	1820	2800	3114	2100	900	125	91	6216			1865		
17	20000	2600		1820	2800	3114	2100	900	140	95	7026			1865		

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		H	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	B_1	B_2	B_3
		L系列	S系列												
1	2500		1600	2030	1060	170	700		240	1450	380	92	510	400	580
2	3000		1600	2250	1060	170	700		240	1550	380	92	510	400	580
3	4000	1600		2730	1060	170	700	1450	240	2200	380	92	510	400	580
4			1750	2428	1200	170	750	1320	270	1880	415	94	510	400	610
5	5000	1750		2888	1200	170	750	1500	270	2300	415	94	510	400	610
6			1900	2428	1200	183	770	1300	300	1800	455	88	510	400	665

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		H	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	B_1	B_2	B_3
		L系列	S系列												
7	6300	1750		3244	1200	170	750	1700	270	2600	415	94	510	400	610
8			1900	2828	1200	183	770	1500	300	2200	455	88	510	400	665
9	8000	2000		3310	1200	197	800	1700	330	2600	480	90	510	400	700
10			2200	2823	1300	197	850	1500	360	2150	530	93	550	470	770
11	10000	2200		3533	1300	197	850	1850	360	2800	530	93	550	470	770
12			2400	3066	1400	197	900	1650	360	2350	580	96	550	470	840
13	12500	2200		4053	1300	197	850	2100	360	3300	530	93	550	470	770
14			2400	3496	1400	197	900	1850	360	2750	580	96	550	470	840
15	16000	2400		4346	1400	197	900	2200	360	3400	580	96	550	470	840
16			2600	3831	1400	210	1000	2000	400	3000	630	101	550	470	910
17	20000	2600		4641	1400	210	1000	2160	400	3440	630	101	550	470	910

序号	容积 VN /L	公称直径 DN		搅拌叶直径 B		t	t_1	t_2	ϕ	ϕ_1
		L系列	S系列	桨式	叶轮式					
1	2500		1600	720	800	16	10	12	4×30	4×30
2	3000		1600	720	800	16	10	12	4×36	4×30
3	4000	1600		720	800	16	10	12	4×36	4×36
4			1750	720	900	18	10	12	4×36	4×36
5	5000	1750		720	900	18	10	12	4×36	4×36
6			1900	820	1000	18	12	12	4×36	4×36
7	6300	1750		720	900	18	10	12	4×36	4×36
8			1900	820	1000	18	12	12	4×36	4×36
9	8000	2000		880	1100	20	12	12	4×36	4×36
10			2200	980	1200	20	12	14	4×36	4×36
11	10000	2200		980	1200	20	12	14	4×36	4×36
12			2400	980	1200	22	14	14	4×36	4×36
13	12500	2200		980	1200	22	12	14	4×36	4×36
14			2400	980	1200	22	14	14	4×36	4×36
15	16000	2400		980	1200	22	14	14	4×36	4×36
16			2600	1080	1300	24	14	14	4×36	4×36
17	20000	2600		1080	1300	24	14	14	4×36	4×36

注：表中 t、t_1、t_2 为名义厚度。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

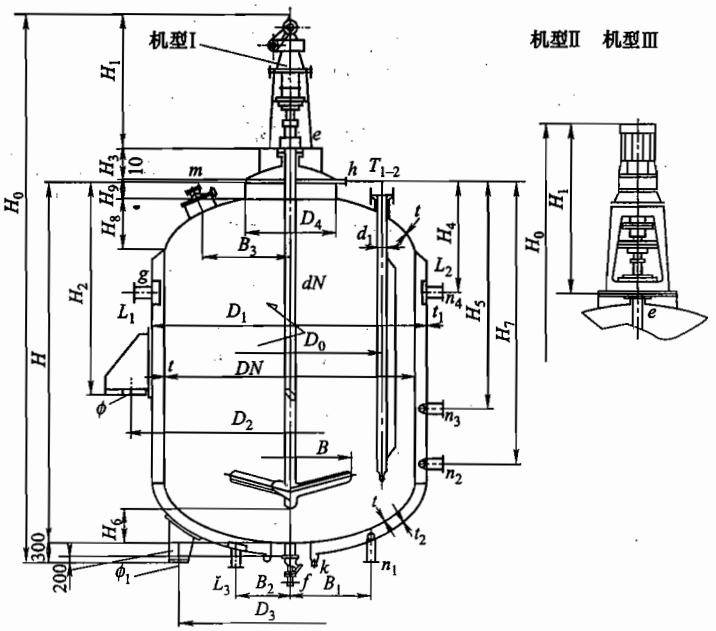


图 35-44 搪玻璃闭式搅拌容器结构

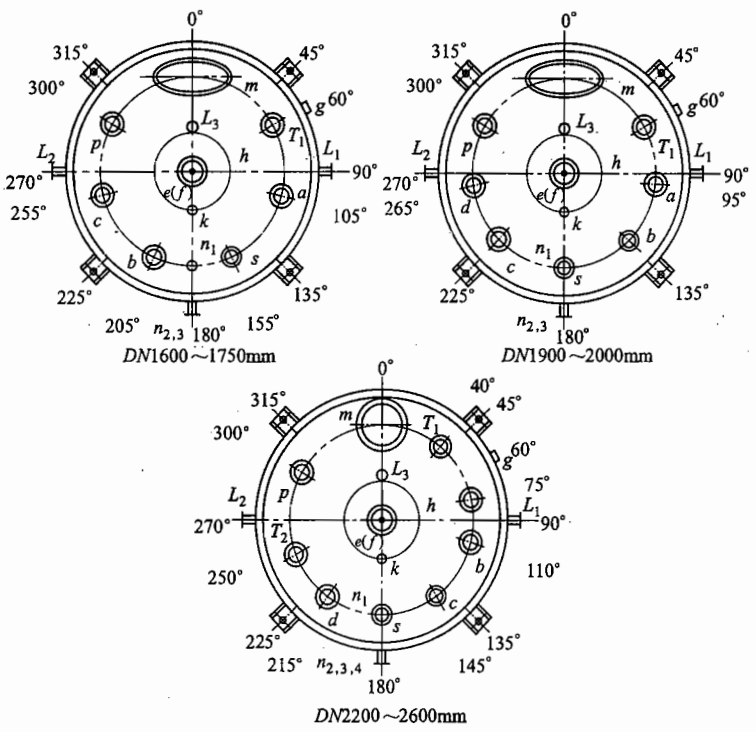


图 35-45 搪玻璃闭式搅拌容器管口尺寸及方位

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 型号标记

F ××—×—×××××× HG/T 2372—2003

- 搪玻璃闭式搅拌容器标准
- 放料阀型式代号：上展式 S，下展式 C
- 容器支座型式代号：耳式 A，支承式 B
- 搅拌器代号：叶轮式 Y，桨式 J
- 温度计套代号：不带测温头翅片式温度计套 t；带测温头翅片式温度计套 T
- 轴密封代号：填料箱 L；带冷却水夹套填料箱 l；机械密封 P
- 人孔代号：带视镜和平衡器人孔 G；带视镜人孔 m
- 容积 / 公称直径
- 设计压力(MPa)：0.25、0.6 或 1.0
- 传动装置代号：机型 Ⅰ 代号 Ⅰ，机型 Ⅱ 代号 Ⅱ，机型 Ⅲ 代号 Ⅲ
- 搪玻璃闭式搅拌容器代号 F

标记示例：搪玻璃闭式搅拌容器，设计压力 0.6MPa，容积 2500L，容器公称直径 1600mm，采用机型Ⅰ传动装置，佩戴视镜和平衡器的人孔，双端面机械密封，带测温头的温度计套管，翅片式叶轮式搅拌器，支承式支座，上展式放料阀。

标记表示为：FⅠ0.6-2500/1600-GPTYBS HG/T 2372—2003。

3.3 搪玻璃开式储存容器（HG/T 2373—2004）

(1) 技术参数

公称压力小于容器或等于 0.6MPa，公称 50～8000L，介质温度 0～150℃。

(2) 结构型式及尺寸

50～500L 的开式储存容器的结构型式见图 35-46，800～3000L 开式储存容器的结构型式见图 35-47，4000～8000L 开式储存容器的结构型式见图 35-48，开式储存容器的主要尺寸见表 35-54。

表 35-54 开式储存容器的主要尺寸 /mm

公称容积 VN /L	实际容积 V /L	直径 D	筒体壁厚 S	封头壁厚 S_1	垫片厚度 δ	管口公称直径 DN								液面计公称长度×数量	参考质量 /kg
						进口 a	出口 b	备用口 c	备用口 d	液面计 $e_{1\sim2}$	液面计 $h_{1\sim2}$	备用口 g	手(人)孔 m(h)		
50	61.3	400	8	8	10		65	65	65				100		150
100	121	500	8	8	10		65	65	65	65/50			100	700×1	210
200	240	600	8	8	10	65	65	65	65	65/50			125	900×1	280
300	363	700	10	10	10	80	80	65	65	65/50			125	1000×1	380
400	469	800	10	10	10	80	80	80	65	65/50			1250	1000×1	480
500	590	800	10	10	10	80	80	80	65	65/50			150	1200×1	530
800	884	1000	12	12	10	80	80	80	80	65/50			150	1200×1	765
1000	1112	1000	12	12	12	80	80	80	80	65/50			150	1500×1	860
1250	1391	1200	12	12	12	80	80	80	80	65/50		80	200	1300×1	1020
1500	1674	1200	12	12	12	100	100	80	80	65/50		80	200	1500×1	1120
2000	2219	1300	14	14	12	100	100	80	80	65/50		80	400×300	1700×1	1470
3000	3336	1450	14	14	12	125	125	100	100	65/50		100	400×300	2000×1	1970
4000	4450	1600	16	16	12	125	125	100	100	65/50	65/50	100	400×300	1300×2	2560
5000	5560	1600	16	16	12	125	125	100	100	65/50	65/50	100	400×300	1600×2	2910
6300	7100	1750	18	18	12	125	125	100	100	65/50	65/50	100	400×300	1600×1 1500×1	3300
8000	8800	1750	18	18	12	125	125	100	100	65/50	65/50	100	400×300	2000×1 1900×1	3800

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称容积 VN /L	尺寸												卡子规格及数量	
	~H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	D_1	D_2	D_3	D_4	$n\times D_5$	PN0.25MPa	PN0.6MPa
50	1080	250	520			820		500	240	300		3×φ18	20-BM 12	20-AM 12
100	1245	275	660	700	167	960		600	300	380	330	3×φ18	24-BM 12	24-AM 12
200	1520	310	900	900	193	1200		700	360	450	430	3×φ18	28-BM 12	36-AM 12
300	1661	351	1000	1000	178	1300		800	420	530	530	3×φ18	36-BM 12	32-AM 16
400	1696	386	1000	1000	162	1300		900	480	600	630	3×φ24	40-BM 12	36-AM 16
500	1936	386	1240	1200	202	1540		900	480	600	730	3×φ24	40-BM 12	36-AM 16
800	1956	436	1210	1200	194	1510		1100	600	750	608	3×φ24	40-BM 16	44-AM 16
1000	2248	436	1500	1500	184	1800		1100	600	750	608	3×φ24	40-BM 16	44-AM 16
1250	2128	486	1330	1300	188	1630		1310	720	900	808	3×φ24	52-BM 16	56-AM 16
1500	2378	486	1580	1500	238	1880		1310	720	900	808	3×φ24	52-BM 16	56-AM 16
2000	2603	511	1780	1700	224	2080		1420	780	980	908	3×φ24	52-BM 16	56-AM 20
3000	3011	559	2140	2000	261	2440		1570	870	1090	1058	4×φ30	60-BM 16	60-AM 20
4000	3258	606	2340	1300×2	210	2640	380	1730	960	1200	1208	4×φ30	60-BM 20	68-AM 20
5000	3808	606	2890	1600×2	193	3190	405	1730	960	1200	1208	4×φ30	60-BM 20	68-AM 20
6300	3830	668	2800	1600×1 1500×1	180	3150	368	1920	1050	1320	1200	4×φ30	68-BM 20	76-AM 20
8000	4580	668	3550	2000×1 1900×1	180	3900	346	1920	1050	1320	1200	4×φ30	68-BM 20	76-AM 20

注：公称容积 3000L 及以上设 4 只支座，均匀分布。

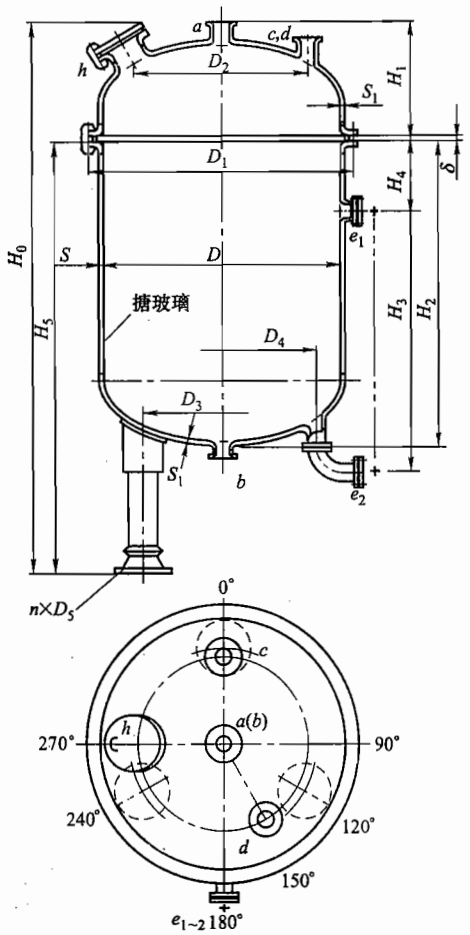


图 35-46 50～500L 开式储存容器

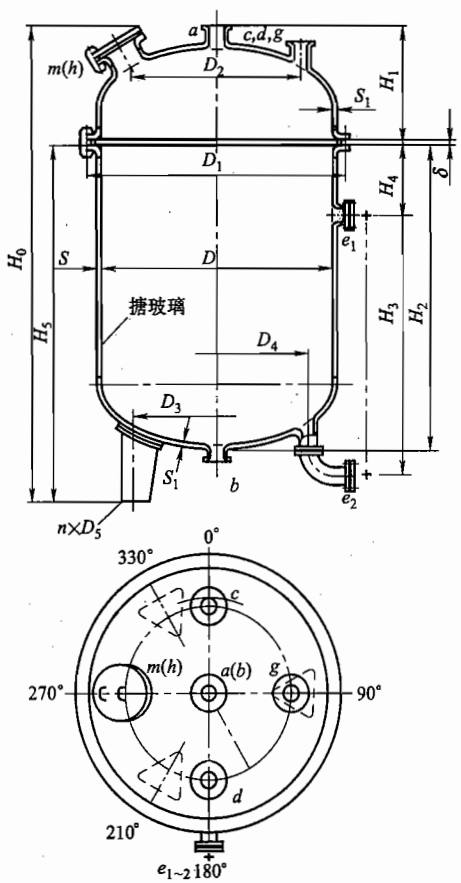


图 35-47 800～3000L 开式储存容器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

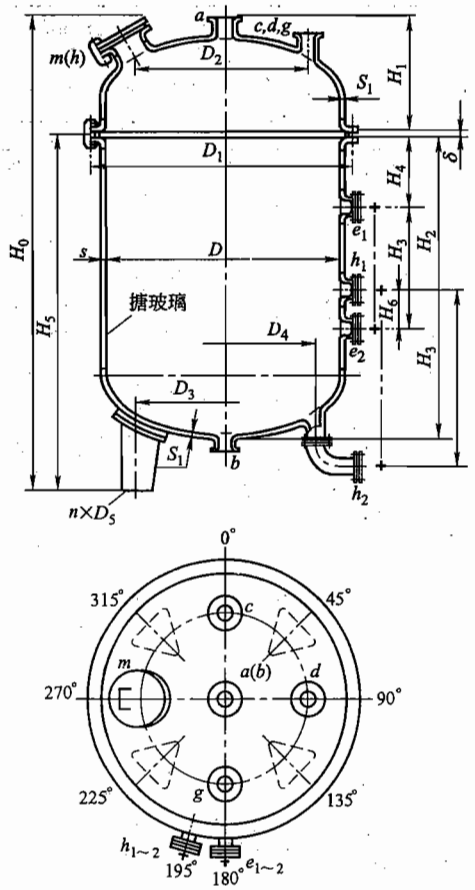


图 35-48 4000～8000L 开式储存容器

(3) 标记

标记方式：

K 2000 HG/T 2373—2004

- 标准代号
- 公称容积
- 储存容器型式

标记示例：

公称容积 2000L 搪玻璃开式储存容器。

标记：K2000 HG/T 2373—2004

3.4 搪玻璃闭式储存容器（HG/T 2374—2004）

(1) 技术参数

公称压力小于或等于 0.6MPa，公称 3000～50000L，介质温度 0～150℃。

(2) 结构型式及尺寸

3000～12500L 的闭式储存容器的结构型式见图 35-49，16000～50000L 的闭式储存容器的结构型式见图 35-50，闭式储存容器的主要尺寸见表 35-55。

(3) 标记

标记方式：

F 5000 HG/T 2374—2004

- 标准代号
- 公称容积
- 储存容器型式

标记示例：

公称容积 5000L 搪玻璃开式储存容器。

标记：F5000 HG/T 2374—2004

表 35-55 搪玻璃闭式储存容器的主要尺寸 /mm

公称容积 VN /L	实际容积 V /L	直径 D	筒体壁厚 S	封头壁厚 S_1	罐盖壁厚 S_2	垫片厚度 δ	管口公称直径,DN						液面计公称长度×数量	参考质量 /kg
							进口 a	出口 b	备用口 c	备用口 d	手孔 h	液面计 $e_{1\sim2}$ $h_{1\sim2}$ $g_{1\sim2}$		
3000	3337	1450	14	14	8	10	65	125	65	65	100	65	1400×2	1700
4000	4441	1600	16	16	8	10	65	125	65	65	125	65	1500×2	2070
5000	5550	1600	16	16	8	10	65	125	65	65	125	65	1800×2	2100
6300	7024	1750	18	18	8	10	65	125	65	65	125	65	1900×2	3000
8000	8910	1900	18	18	8	10	65	125	65	65	125	65	2000×2	3580
10000	11142	2200	20	20	10	10	80	150	65	65	125	65	1900×2	4440
12500	13872	2400	22	22	10	10	80	150	65	65	125	65	2000×2	5660
16000	17766	2400	22	22	10	10	80	150	65	65	125	65	1700×3	6800
20000	22217	2600	24	24	10	10	80	150	65	65	125	65	1800×3	8490
25000	27790	2800	24	24	10	10	80	150	65	65	125	65	1900×3	9830
30000	33301	3000	26	26	10	10	80	150	65	65	125	65	2000×3	11880
40000	44000	3200	28	28	10	10	80	200	80	65	125	65	2200×3	15450
50000	55000	3400	30	30	10	10	80	200	80	65	125	65	2400×3	19300

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称容积 VN /L	尺寸												卡子规格及数量	
	~H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	PN0.25MPa	PN0.6MPa
3000	2933	88	2260	1400	584	270	275	500	300	1090	1086	30	24-BM 12	24-AM 12
4000	3182	92	2470	1500	635	308	310	600	360	1200	1240	30	28-BM 12	36-AM 12
5000	3732	92	3020	1800	891	358	310	600	360	1200	1240	30	28-BM 12	36-AM 12
6300	3924	94	3210	1900	911	424	310	600	360	1320	1394	30	28-BM 12	36-AM 12
8000	4174	94	3460	2000	1003	416	310	600	360	1430	1544	30	28-BM 12	36-AM 12
10000	4053	92	3300	1900	770	356	351	700	420	1650	1648	30	36-BM 12	32-AM 16
12500	4215	94	3460	2000	850	460	351	700	4200	1800	1852	36	36-BM 12	32-AM 16
16000	5075	94	4320	1700	660	350	351	700	420	1800	1852	36	36-BM 12	32-AM 16
20000	5375	94	4620	1800	710	382	351	700	420	1950	2056	36	36-BM 12	32-AM 16
25000	5739	98	4980	1900	790	386	351	700	420	2100	2256	36	36-BM 12	32-AM 16
30000	6001	110	5230	2000	815	383	351	700	420	2250	2256	36	36-BM 12	32-AM 16
40000	6870	125	6000	2200	1050	360	386	800	480	2400	2560	36	40-BM 12	36-AM 16
50000	7500	125	6630	2400	1215	365	386	800	480	2550	2720	36	40-BM 12	36-AM 16

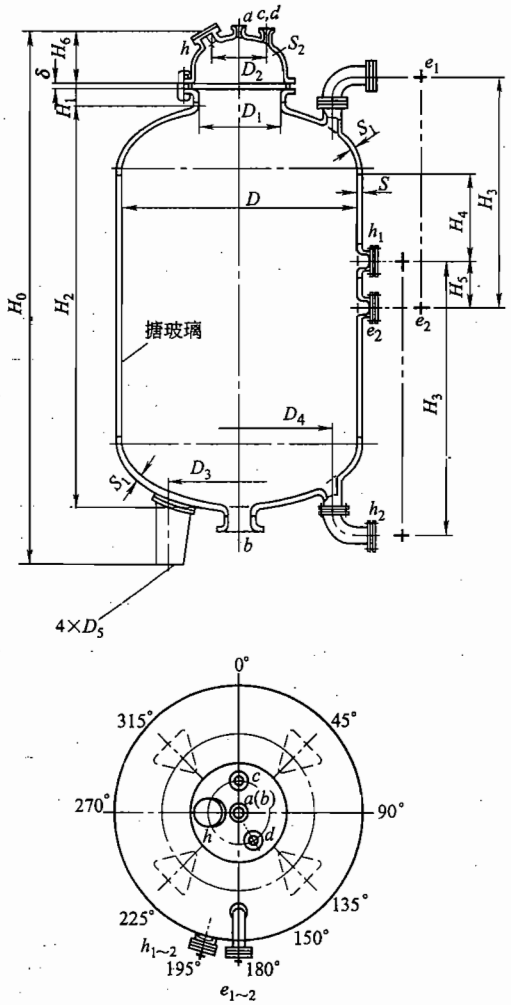


图 35-49 3000～12500L 闭式储存容器

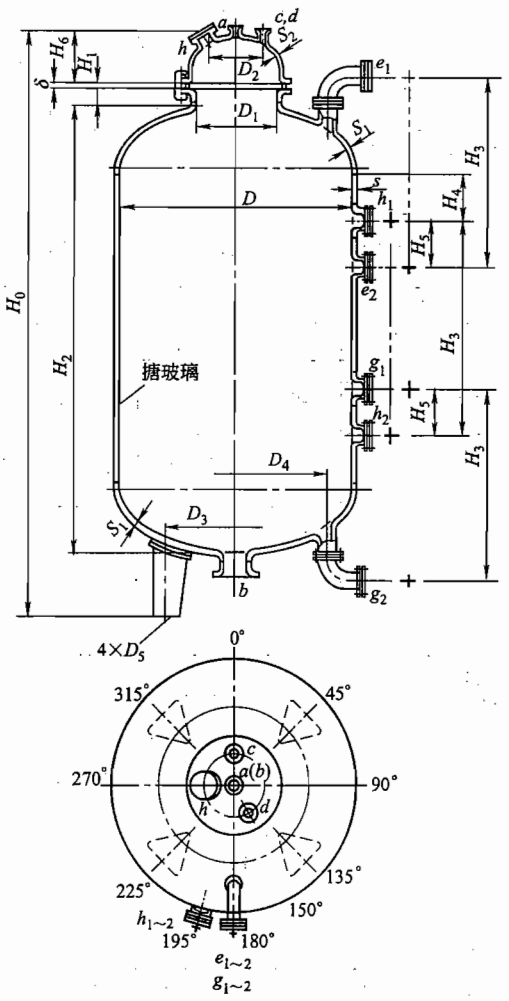


图 35-50 16000～50000L 闭式储存容器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.5 搪玻璃卧式储存容器（HG/T 2375—2004）

(1) 技术参数

公称压力小于或等于0.6MPa，公称3000～80000L，介质温度0～150℃。

(2) 结构型式及尺寸

搪玻璃卧式储存容器的结构型式见图35-51，卧式储存容器的主要尺寸见表35-56。

表35-56 卧式储存容器的主要尺寸 /mm

公称容积 VN /L	实际容积 V /L	直径 D	筒体		封头壁厚 S_1	管口公称直径，DN						液面计公称长度×数量	参考质量 /t
			壁厚 S	长度 L'		进口 a	备用口 b	备用口 c	出口 d	液面计 $h_{1\sim4}$	人孔 m		
3000	3337	1450	14	1454	14	80	80	65	80	65	φ450	1200×1 1100×1	1.7
4000	4457	1450	14	2134	14	80	80	65	80	65	φ450	1200×1 1100×1	2.0
5000	5550	1600	16	2140	16	80	80	65	80	65	φ450	1200×2	2.5
6300	7024	1750	18	2254	18	80	80	65	80	65	φ450	1300×2	3.2
8000	8910	1900	18	2430	18	80	80	65	80	65	φ450	1400×1 1300×1	3.8
10000	11094	2000	20	2780	20	150	80	65	150	65	φ450	1400×2	4.7
12500	13921	2000	20	3680	20	150	80	65	150	65	φ450	1400×2	5.7
16000	17756	2200	20	3840	20	150	80	65	150	65	φ450	1500×2	6.7
20000	22330	2400	22	4030	22	150	80	65	150	65	φ450	1600×2	8.3
25000	27790	2800	24	3480	24	150	80	65	150	65	φ450	1900×1 1800×1	9.9
30000	33300	3000	26	3630	26	150	80	65	150	65	φ450	2000×1 1900×1	12.3
40000	44000	3200	28	4300	28	200	80	65	200	65	φ450	2100×1 2000×1	15.9
50000	55000	3400	30	4830	30	200	80	65	200	65	φ450	2200×1 2100×1	19.8
63000	69000	3600	32	5480	32	200	80	65	200	65	φ450	2300×1 2200×1	24.5
80000	88000	3800	34	6390	34	200	80	65	200	65	φ450	2400×1 2300×1	30.8

公称容积 VN /L	尺寸							
	L_0	L	L_1	L_2	$\sim H_0$	H_1	H_2	H_3
3000	2288	934	210	223	2150	346	1200	1100
4000	2968	1494	260	223	2150	346	1200	1100
5000	3052	1420	300	146	2300	292	1200	1200
6300	3246	1474	330	169	2450	338	1300	1300
8000	3496	1590	370	194	2600	288	1400	1300
10000	3900	1880	400	142	2700	284	1400	1400
12500	4800	2740	400	142	2700	284	1400	1400

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

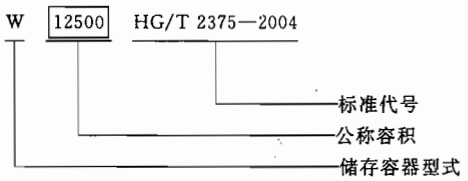
续表

公称容积 VN /L	尺寸							
	L_0	L	L_1	L_2	~H_0	H_1	H_2	H_3
16000	5080	2840	450	142	2900	284	1500	1500
20000	5374	2930	500	140	3110	280	1600	1600
25000	5028	2280	600	238	3510	376	1900	1800
30000	5282	2370	630	236	3720	372	2000	1900
40000	6060	2800	650	234	3900	368	2100	2000
50000	6690	3230	700	232	4100	364	2200	2100
63000	7440	3780	750	230	4300	360	2300	2200
80000	8460	4590	800	228	4500	356	2400	2300

公称容积 VN /L	尺寸								
	H_4	A_1	K	A_2	B	E	F	G	H_5
3000	238	1030	890	200	100	300	300	200	1089
4000	238	1030	890	200	100	300	300	200	1089
5000	238	1120	960	200	100	300	300	200	1166
6300	238	1240	1070	200	100	300	300	200	1243
8000	238	1360	1200	220	100	300	300	200	1318
10000	238	1420	1260	220	100	300	350	200	1368
12500	238	1420	1260	220	100	300	350	200	1368
16000	238	1580	1380	240	100	300	350	200	1470
20000	238	1720	1520	240	100	300	350	200	1572
25000	238	2040	1800	300	100	300	350	200	1774
30000	238	2180	1940	360	100	300	350	200	1876
40000	238	2340	2100	360	150	400	400	200	1978
50000	238	2480	2200	380	150	400	400	200	2080
63000	238	2620	2260	380	150	400	400	200	2182
80000	238	2780	2500	380	150	400	400	200	2284

(3) 标记

标记方式：



标记示例：

公称容积 12500L 搪玻璃卧式储存容器

标记：W12500 HG/T 2375—2004

3.6 搪玻璃碟片式冷凝器（HG/T 2056—2004）

(1) 技术参数

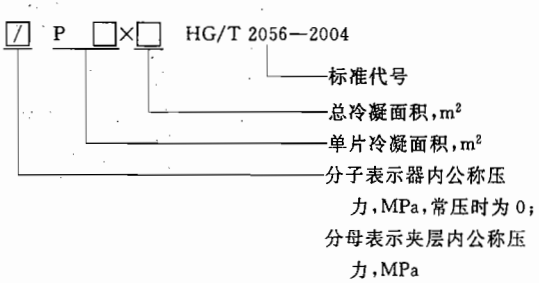
冷凝器内公称压力为常压及小于或等于0.25MPa，夹层公称压力为小于或等于0.25MPa，冷凝面积1～22m²，被冷凝介质温度0～200℃。

(2) 结构型式及尺寸

碟片式冷凝器的结构型式见图35-52，碟片式冷凝器的主要尺寸见表35-57，碟片式冷凝器的管口尺寸见表35-58。

(3) 标记

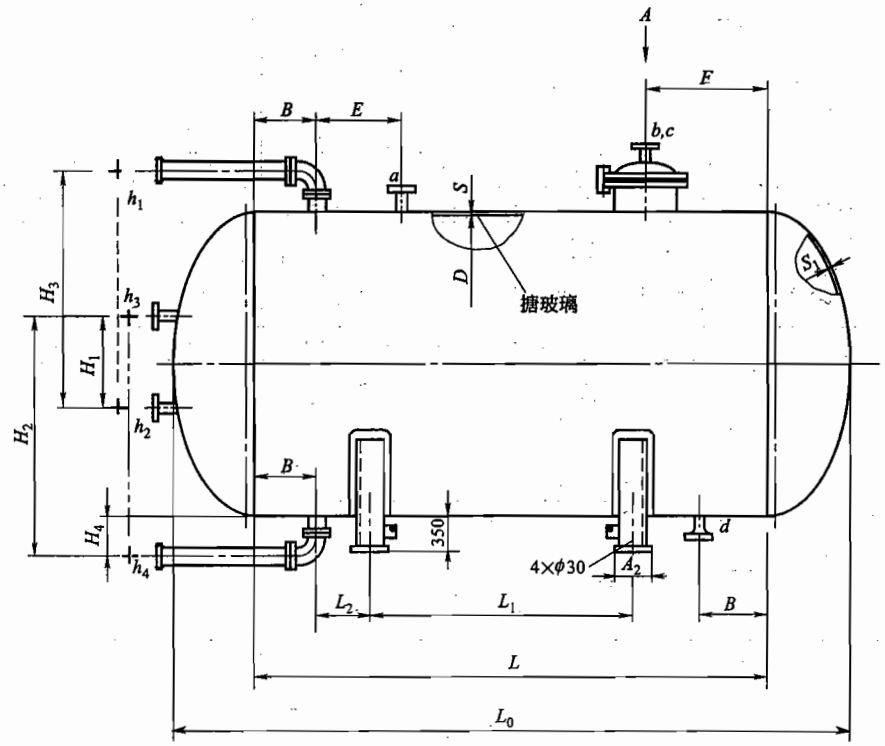
标记方式：

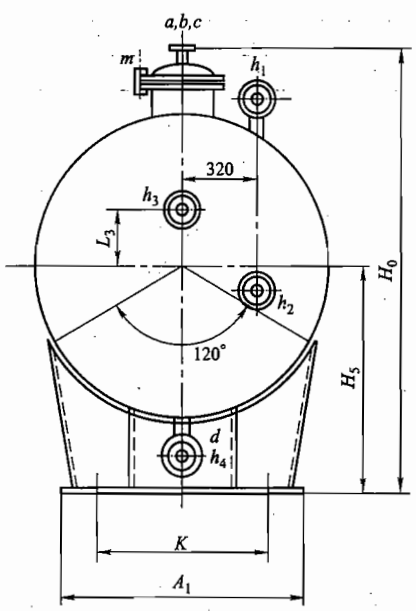


标记示例：

搪玻璃碟片式冷凝器，器内为常压，夹套为0.25MPa，单片冷凝面积1m²，标记：$\frac{0}{0.25}$P1×10 HG/T 2056—2004

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载





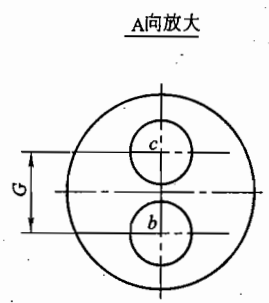


图 35-51 搪玻璃卧式储存容器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-57 碟片式冷凝器的主要尺寸 /mm

类别	冷凝片数	冷凝面积/m²	DN	D	B	H	n×d	参考质量/kg
P0.5	1	1	610	450	175	650	3×φ23	160
	2	1.5				740		205
	3	2				830		250
	4	2.5				920		295
	5	3				1010		340
	6	3.5				1100		385
	7	4				1190		420
	8	4.5				1280		465
	9	5				1370		510
	10	5.5				1460		555
P1	3	4	870	650	220	910	3×φ23	470
	4	5				1010		550
	5	6				1110		630
	6	7				1210		710
	7	8				1310		780
	8	9				1410		860
	9	10				1510		940
	10	11				1610		1020
P2	4	10	1050	850	25	1120	3×φ23	751
	5	12				1230		878
	6	14				1340		1005
	7	16				1450		1132
	8	18				1560		1245
	9	20				1670		1372
	10	22				1780		1500

表 35-58 碟片式冷凝器的管口尺寸 /mm

规格	P0.5	P1	P2	标准号	用途
管口	公称直径,DN				
a_1	100	125	125	HG/T 2143	热流体进料口
a_2	100	125	125	HG/T 2143	热流体出料口
b_1	25	32	40		冷却水出口
b_2	25	32	40		冷却水出口

3.7 搪玻璃套筒式换热器（HG/T 2376—1992）

(1) 技术参数

公称压力≤0.25MPa（内层、中层、外层），传热面积 1.6～10m²，介质温度 0～200℃。

(2) 结构型式及尺寸

结构型式见图 35-53，基本参数及管口尺寸分别见表 35-59、表 35-60。

(3) 标记示例

公称传热面积为 1.6m² 的搪玻璃套筒式换热器，其标记为 HT1.6HG/T 2376—1992（HT 为换热器型式代号）。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

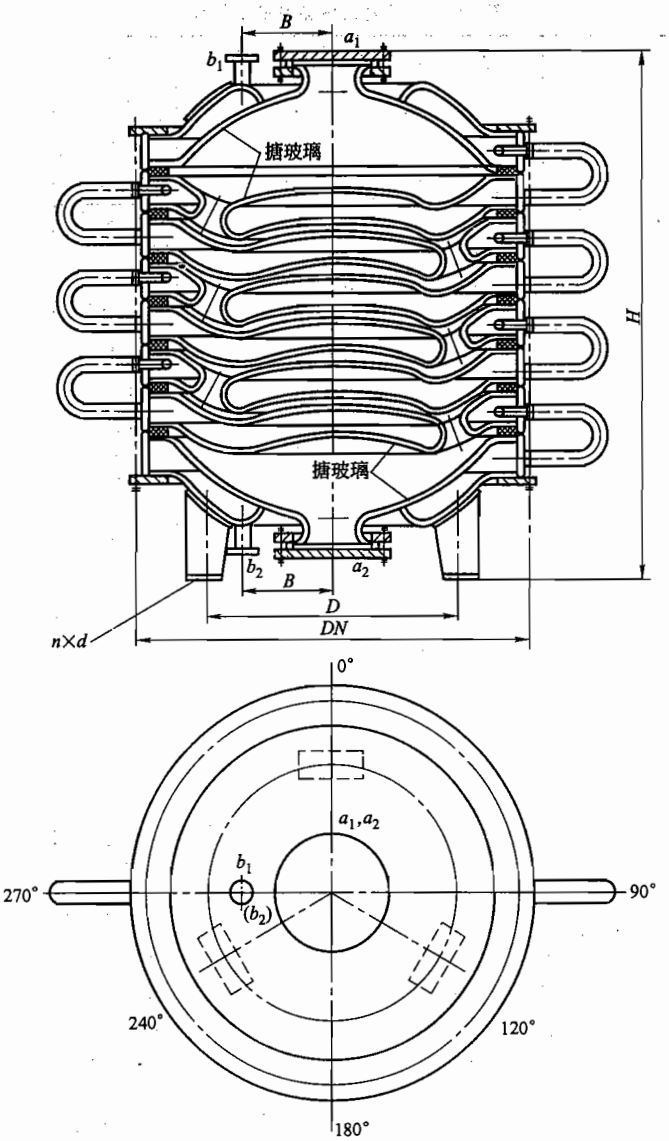


图 35-52 搪玻璃碟片式冷凝器

表 35-59 搪玻璃套筒式换热器基本参数尺寸 /mm

基本尺寸	公称传热面积/m^2					基本尺寸	公称传热面积/m^2				
	1.6	2.5	4	6.3	10		1.6	2.5	4	6.3	10
D_1	—	—	—	—	700	H_5	80	110	130	150	180
D_2	300	400	500	600	800	H_6	190	200	250	250	260
D_3	400	500	600	700	900	H_7	190	200	250	250	260
D_4	500	600	700	800	1000	H_8	350	385	410	470	510
D_5	625	726	827	947	1170	H_9	—	530	640	880	1240
D_6	25	25	25	25	30	螺栓规格	M16	M16	M16	M16	M16
H	1090	1285	1450	1800	2210		×75	×75	×95	×100	×105
H_1	580	610	630	800	825	数量	16	20	24	28	36
H_2	970	1100	1250	1600	2010	支座的允许负荷/t	0.5	0.5	0.5	1	1.5
H_3	120	150	160	180	210	设备总重/kg	230	355	525	800	1680
H_4	155	205	255	300	405						

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

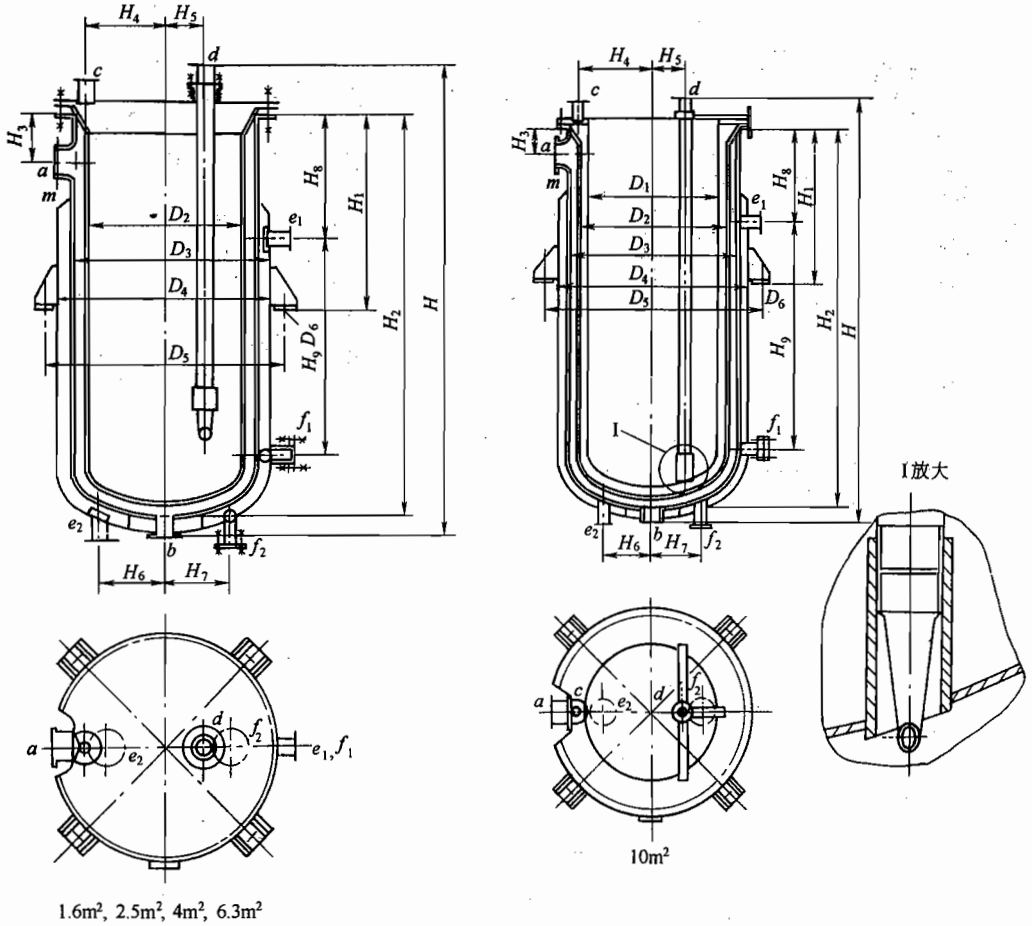


图 35-53 搪玻璃套筒式换热器结构型式

表 35-60 搪玻璃套筒式换热器管口 /mm

代号	传热面积/m²					用途
	1.6	2.5	4	6.3	10	
a	80	80	100	100	125	气相物料进或液相物料出口
b	70	70	80	80	100	冷凝物料出或液相物料进口
c	32	32	32	50	50	冷却水出口
d	32	32	32	50	50	冷却水进口
$e_{1\sim2}$	20	25	25	40	40	蒸汽进口;冷却冷凝水出口
f_1	—	50	50	50	50	冷却水进口
f_2	50	50	50	50	50	冷却水进口
m/in	G 3/8	G 3/8	G 3/8	G 3/8	G 3/8	放气口

3.8 搪玻璃蒸馏容器（HG/T 3126—1998）

(1) 技术参数

公称压力，罐内 0.25MPa、夹套内 0.6MPa；介质温度 0～200℃。

(2) 结构型式及尺寸

搪玻璃蒸馏容器结构型式有 K 型、F 型和 P 型，如图 35-54～图 35-56 所示，基本参数及管口尺寸见表 35-61、表 35-62。

(3) 标记示例

公称容积 5000L 的 K 型搪玻璃蒸馏容器，其标记为 K-5000 HG/T 3126—1998。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

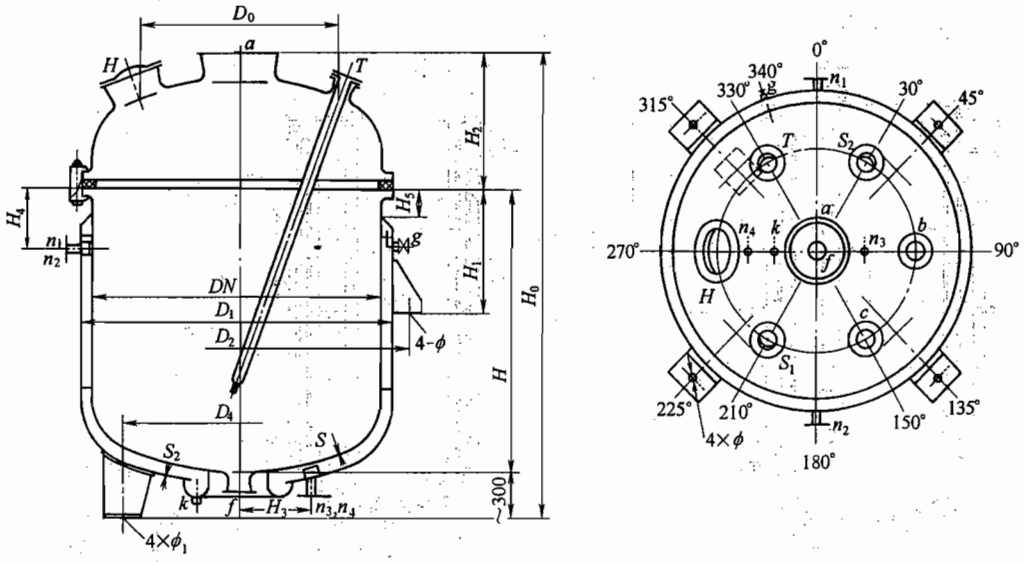


图 35-54 K型搪玻璃蒸馏容器

表 35-61 搪玻璃蒸馏容器尺寸参数 /mm

公称容积 VN/L	公称直径 DN		计算容积 VJ/L	D_0	D_1	D_2	D_4	~H_0	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H
	K型	F,P型												
300	800		369	560	900	1048	—	1504	380	394	270	250	100	800
500	900		573	630	1000	1148	—	1734	400	424	270	270	110	1000
800	1100		958	770	1200	1387	840	1884	470	474	270	270	110	1100
1000	1200		1132	840	1300	1488	950	1904	500	499	350	270	110	1100
		1200	1132	840	1300	1488	950	1500	420	—	350	530	—	1200
1500	1300		1714	910	1450	1695	1100	2234	650	524	350	310	120	1400
		1300	1704	910	1450	1695	1100	1800	450	—	350	560	—	1500
2000	1600		2553	1120	1750	2001	1300	2321	650	611	400	310	120	1400
		1600	2686	1120	1750	2001	1300	1900	530	—	400	640	—	1600
3000	1750		3498	1220	1900	2196	1400	2559	700	649	400	310	120	1600
		1750	3630	1220	1900	2196	1400	2100	560	—	400	680	—	1800
5000		1900	5904	1330	2050	2355	1500	2700	600	—	400	720	—	2400
6300		2000	7427	1400	2200	2502	1600	3000	630	—	400	750	—	2700
8000		2200	9242	1540	2400	2734	1700	3100	680	—	400	800	—	2800

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

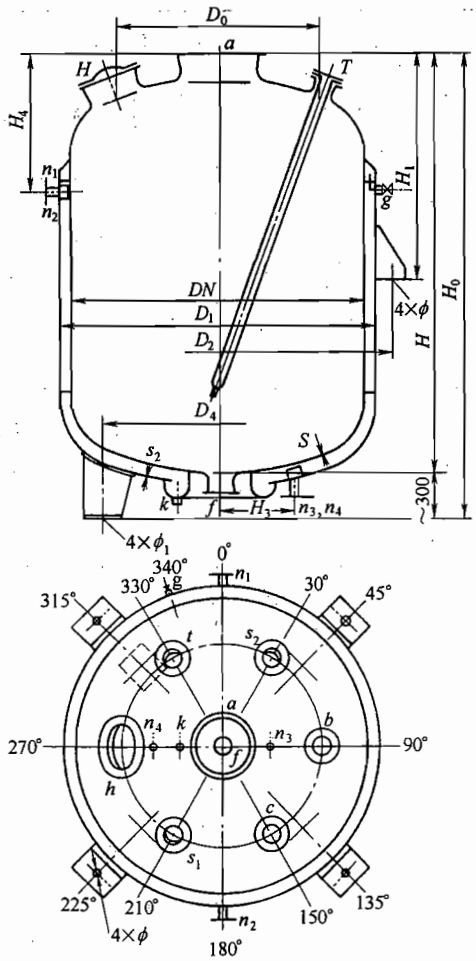


图 35-55 F型搪玻璃蒸馏容器

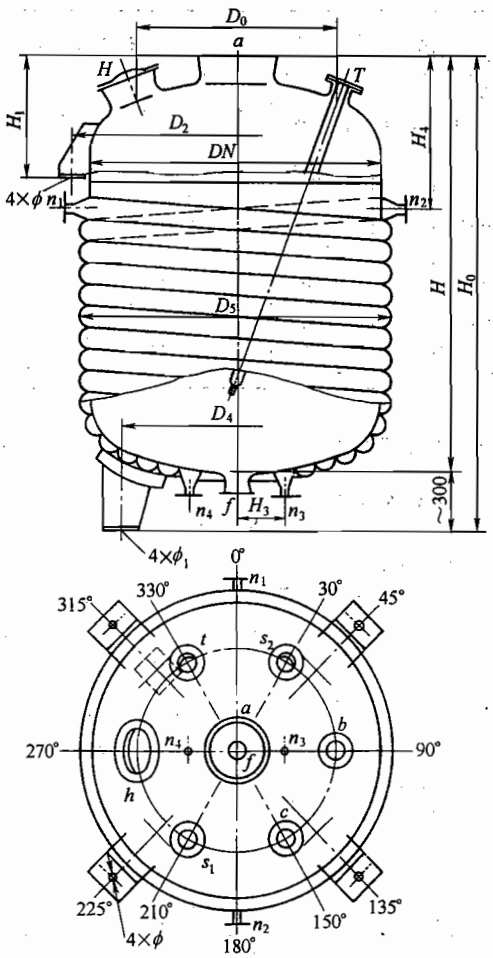


图 35-56 P型搪玻璃蒸馏容器

表 35-62 搪玻璃蒸馏容器管口尺寸 /mm

公称容积 VN/L	容器公称直径 DN		容器盖管口公称直径					夹套管口公称直径				
	K型	F,P型	蒸馏口 a	人,手孔 h	温度计口 t	视镜 s_1,s_2	备用孔 b	放料口 f	进出口		放气阀 g	放净口 k
									n_1,n_2	n_3,n_4		
300	800		150	125	65	80	80	80	25	25	G3/8″	G1/2″
500	900		200	150	125	100	80	80	32	32	G3/8″	
800	1100		250	350×250	125	100	80	80	32	32	G3/8″	
1000	1200		300	350×250	125	100	80	100	32	32	G3/8″	
		1200	400	350×250	125	100	80	100	32	32	G3/8″	
1500	1300		300	400×300	150	100	80	100	40	40	G3/8″	
		1300	400	400×300	150	100	80	100	40	40	G3/8″	
2000	1600		400	400×300	150	125	100	125	50	50	G3/4″	
		1600	500	400×300	150	125	100	125	50	50	G3/4″	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称容积 VN/L	容器公称直径 DN		容器盖管口公称直径					夹套管口公称直径				
	K型	F,P型	蒸馏口 a	人,手孔 h	温度计口 t	视镜 s_1,s_2	备用孔 b	放料口 f	进出口 n_1,n_2	进出口 n_3,n_4	放气阀 g	放净口 k
3000	1750		400	400×300	150	125	100	125	65	65	G3/4″	G1/2″
		1750	500	400×300	150	125	100	125	65	65	G3/4″	
5000		1900	600	400×300	200	125	125	125	65	65	G3/4″	
6300		2000	600	400×300	200	125	150	125	65	65	G3/4″	
8000		2200	700	400×300	200	125	150	125	80	80	G3/4″	

3.9 搪玻璃塔节（HG/T 3127—1998）

(1) 技术参数

公称压力 0.25MPa，介质温度 0～200℃。

(2) 塔节型式

塔节型式分为 A 型、B 型和 C 型三种。A 型为塔身，B 型为塔顶，C 型是专为搪玻璃蒸馏容器配套用的塔底。A、B、C 型塔节间的连接形式分高颈法兰型式（Ⅰ型）及螺孔法兰型式（Ⅱ型）。结构型式及主要尺寸见图 35-57、表 35-63。

(3) 标记示例

公称直径 400mm，长度 1000mm 的 A 型搪玻璃塔节，以高颈法兰连接，其标记为

AⅠ *DN*400×1000 HG/T 3127—1998。

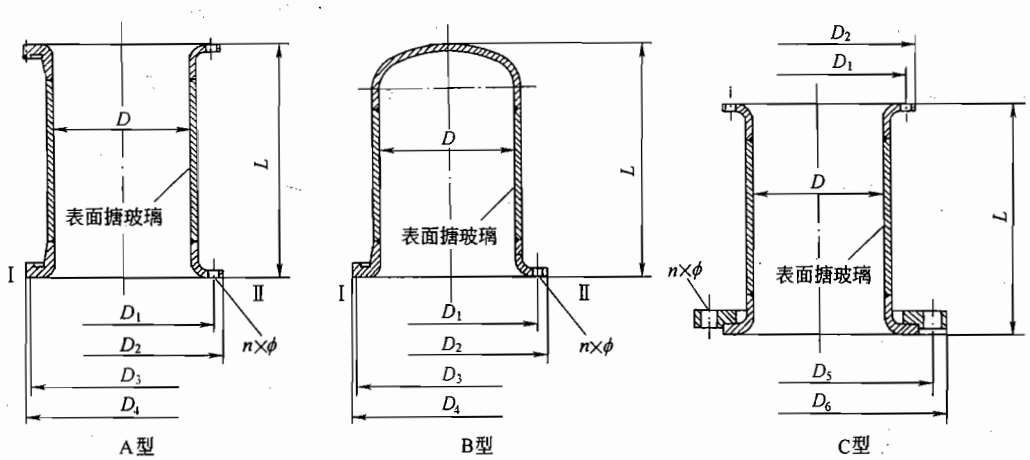


图 35-57 搪玻璃塔节

表 35-63 搪玻璃塔节主要尺寸参数 /mm

公称直径 DN	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L≤	n×ϕ	参考质量/(kg/m) AⅠ型	AⅡ型	BⅠ型	BⅡ型	CⅡ型
150	130	260	300	—	—	202	230	1000	8×18	—	32	—	25	34
200	190	320	360	—	—	258	290	1000	8×18	—	53	—	44	54
250	240	370	410	—	—	312	340	1000	12×18	—	80	—	68	83
300	300	430	470	388	400	—	—	1000	16×20	80	100	72	81	—
400	400	535	575	488	500	—	—	1000	20×20	105	132	95	109	—
500	500	635	675	588	600	—	—	1000	20×20	132	164	121	137	—
600	600	740	790	688	700	—	—	1500	24×23	217	277	206	238	—
700	700	850	900	788	800	—	—	1500	28×23	303	375	295	331	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	L≤	n×φ	参考质量/(kg/m)				
										AⅠ型	AⅡ型	BⅠ型	BⅡ型	CⅡ型
800	800	950	1005	888	900	—	—	1500	32×27	352	438	342	382	—
900	900	1050	1105	988	1000	—	—	1500	32×27	405	500	391	438	—
1000	1000	1150	1205	1088	1100	—	—	2000	36×27	673	767	663	710	—
1100	1100	1250	1305	1198	1210	—	—	2000	40×27	744	873	732	797	—
1200	1200	1350	1405	1298	1310	—	—	2000	40×27	807	950	809	877	—
1300	1300	1450	1505	1408	1420	—	—	2000	40×27	1016	1150	988	1055	—
1400	1400	1550	1605	1508	1520	—	—	2000	44×27	1100	1272	1110	1191	—
1500	1450	1600	1655	1558	1570	—	—	2000	44×27	1151	1303	1163	1239	—
1600	1600	1700	1805	1718	1730	—	—	2000	52×27	1442	1614	1497	1583	—

3.10 小型搪玻璃反应罐

(1) 技术参数

公称压力，罐内 0.25MPa，夹套 0.6MPa；公称容积 5～30L；介质温度 0～200℃。

(2) 结构型式及尺寸

结构型式见图 35-58，基本尺寸及管口尺寸见表 35-64、表 35-65。

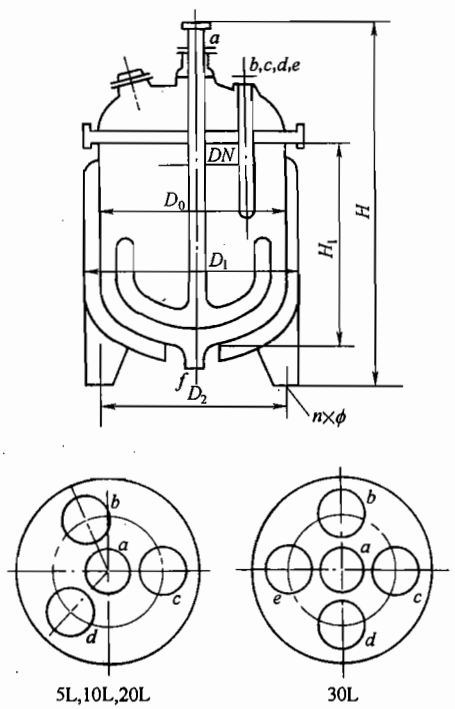


图 35-58 小型搪玻璃反应罐

表 35-64 小型搪玻璃反应罐基本参数尺寸/mm

容积/L	传热面积/m^2	质量/kg	D_0	D_1	D_2	DN	H_1	H	n×φ
k5	0.16	40	180	240	208	20	220	382	3×11
k10	0.20	55	240	300	260	20	224	297	3×13
k20	0.32	65	300	362	316	20	312	512	3×20
k30	0.54	110	400	500	440	25	360	545	3×20

表 35-65 小型搪玻璃反应罐管口尺寸/mm

管口	5L,10L,20L	30L	管口	5L,10L,20L	30L
a	30	50	d	30	50
b	30	50	e	—	50
c	30	50	f	30	50

3.11 搪玻璃列管式换热器

(1) 技术参数

公称压力 壳程 0.6MPa 或常压，管程 0.6MPa 或常压。

允许温差 Δt=100℃

传热系数 K=120～400W/(m^2·℃)

(2) 结构型式及尺寸

结构型式见图 35-59，基本尺寸见表 35-66。

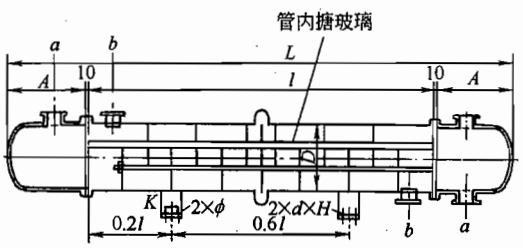


图 35-59 搪玻璃列管式换热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-66 搪玻璃列管式换热器基本尺寸 /mm

型号	D	L	A	l	钢管内面传热面积/m²	接管口		安装尺寸			质量/kg
						a	b	K	ϕ	d×H	
EG-3	DN325	2260	370	1500	2.9	DN80	DN50	200	20	20×36	320
EG-5	DN325	2760	370	2000	3.9	DN80	DN50				380
EG-6	DN400	2350	430	1500	4.9	DN80	DN50	280			500
EG-8	DN400	2890	430	2000	6.5	DN80	DN50				580
EG-10	DN500	2950	460	2000	8.5	DN100	DN80	330			800
EG-15	DN500	3950	460	3000	12.8	DN100	DN80				960
EG-20	DN600	4120	545	3000	18.5	DN125	DN100	420	25	25×45	1250
EG-25	DN600	4620	545	3500	21.6	DN125	DN100				1400

3.12 搪玻璃双锥形回转式真空干燥机

(1) 主要技术参数

装料容积为公称容积的 50%±10%

干燥强度为 2～3kg(水)/(m² · h)

极限真空度−0.098MPa(G)

最大允许气体漏率 1.33×10^{3}

夹套工作压力≤0.3MPa，工作温度≤143℃

罐体最大回转直径线速度 0.3～1.2m/s（无限变速）

(2) 结构型式及尺寸

结构型式有普通型（A 型）和防爆型（B 型），见图 35-60。基本参数及管口规格尺寸分别见表 35-67、表 35-68。

(3) 标记示例

公称容积为 1000L 的防爆型搪玻璃双锥形回转干燥机，标记为

GSZ 1000-B，HG/T 3684—2000

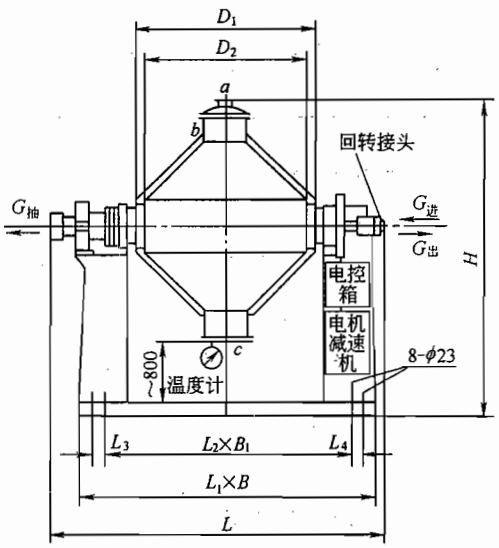


图 35-60 结构型式

表 35-67 搪玻璃双锥形回转式真空干燥机基本参数尺寸 /mm

尺寸	公称容积/L										
	200	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000	4500	5000
D_1	ϕ800	ϕ900	ϕ1000	ϕ1200	ϕ1300	ϕ1600	ϕ1750	ϕ1900	ϕ1950	ϕ2100	ϕ2100
D_2	ϕ700	ϕ800	ϕ900	ϕ1100	ϕ1200	ϕ1450	ϕ1600	ϕ1750	ϕ1800	ϕ1900	ϕ1900
L	2425	2525	2550	2800	2850	3320	3470	4190	4830	4930	5300
L_1	1900	2000	2100	2722	2770	3000	3150	3950	4725	4775	4960
L_2	1290	1390	1440	1700	1700	2005	2155	2505	2575	2625	2725
L_3	—	—	—	260	260	260	260	705	955	955	955
L_4	375	375	375	550	550	550	550	705	955	955	955
B	1350	1350	1350	1350	1350	1500	1600	1650	1700	1750	1900
B_1	1300	1300	1300	1300	1300	1450	1540	1570	1620	1670	1820
H	1950	1950	2460	2460	2460	3240	3400	3500	3825	3880	4100
电机功率/kW	0.75	1.1	1.5	1.5	1.5	3	5.5	7.5	11	11	11
参考质量/kg	1050	1150	2250	2600	3200	3900	4100	5800	7200	7500	8200

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-68　搪玻璃双锥形回转式真空干燥机管口规格尺寸　/mm

尺　寸	公　称　容　积/L										
	200	300	500	800	1000	1500	2000	3000	4000	4500	5000
视镜口 a,DN	—	—	80	80	80	100	100	125	125	125	125
人孔口 b,DN	250×350	250×350	400	400	400	450	450	450	450	450	450
手孔口 c	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250
$G_{进}$	G3/4″	G3/4″	G1″	G1″	G1″	G2″	G2″	G2″	G2″	G2″	G1 1/2″
$G_{出}$	G3/4″	G3/4″	G1″	G1″	G1″	G1 1/2″	G1 1/2″	G2″	G2″	G2″	G2″
$G_{抽}$	G1″	G1″	M56×2	M56×2	M56×2	G2″	*DN*65	*DN*80	*DN*100	*DN*100	*DN*100

3.13　搪玻璃 VD 型振动流动真空干燥机

技术参数、结构型式及尺寸见图 35-61、表 35-69。

3.14　自动启闭搪玻璃过滤器

技术参数、结构型式及尺寸见图 35-62、表 35-70～表 35-72。

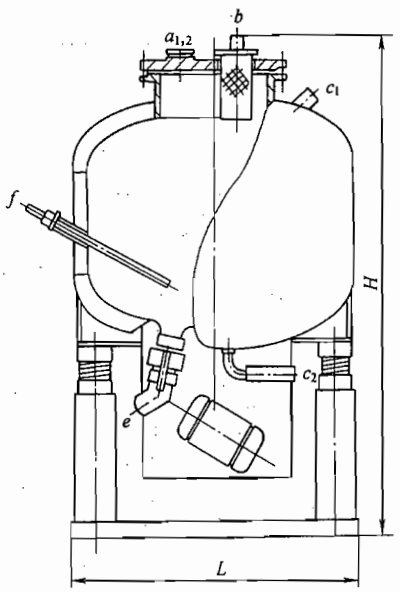


图 35-61　搪玻璃 VD 型振动流动真空干燥机

a_1—视镜孔；a_2—加料视镜孔；

c_1、c_2—汽水进出口；

e—排料孔；f—测温孔

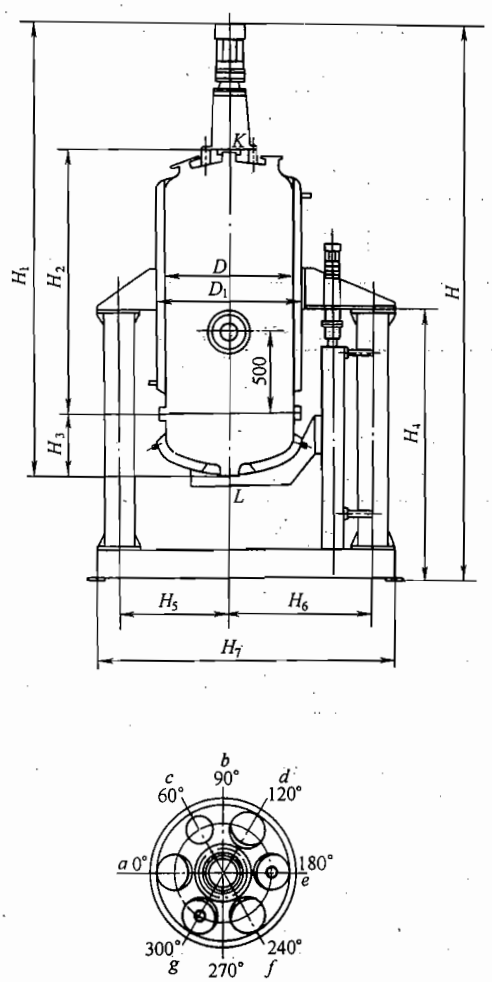


图 35-62　自动启闭搪玻璃过滤器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-69 搪玻璃 VD 型振动流动真空干燥机参数尺寸

参数	VD100	VD200	VD300	VD500	VD800	VD1000
实际容积/m^3	0.21	0.41	0.58	0.96	1.46	2.04
罐体内径 A/mm	800	900	1000	1200	1400	1600
夹套内径 B/mm	900	1000	1100	1300	1500	1700
换热面积/m^2	1.76	2.74	3.42	4.81	6.34	7.95
罐内真空度	<760mmHg					
工作温度/℃	≤143					
装料系数	<0.6					
外形尺寸($L\times H$)/mm	920×1350	1020×1600	1120×1700	1320×1900	1520×2000	1720×2100
罐体材料	由用户选择不锈钢、搪玻璃、钛材					

表 35-70 自动启闭搪玻璃过滤器技术参数

型号	公称压力/MPa		介质温度/℃		过滤面积/m^2	传热面积/m^2	搅拌转速/(r/min)	电机功率/kW	下盖升降速度/(mm/min)	下降行程/mm	质量/kg
	器内	夹套内	器内	夹套内							
TG-0.5 TG-1.0	真空或0.4	0.0	200	165	0.5 1.0	4.4 7.5	85	3 4	630	500	1630 2500

表 35-71 基本尺寸 /mm

型号	D	D_1	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
TG-0.5	800	900	3410	2775	1600	380	1665	700	900	1875
TG-1.0	1150	1300	4460	3680	1800	470	1865	900	1100	2275

表 35-72 管口尺寸 /mm

型号	a	b	c	d	e	f	g	L	K
TG-0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100
TG-1.0	250	150	70	100	100	100	100	100	125

3.15 搪玻璃过滤器

(1) 技术参数

器内公称压力真空或 0.25MPa，夹套公称压力 0.6MPa；介质温度 0～200℃。

(2) 结构型式及尺寸

结构型式分 A 型和 B 型，如图 35-63、图 35-64 所示，各自基本参数及管口尺寸见表 35-73～表 35-76。

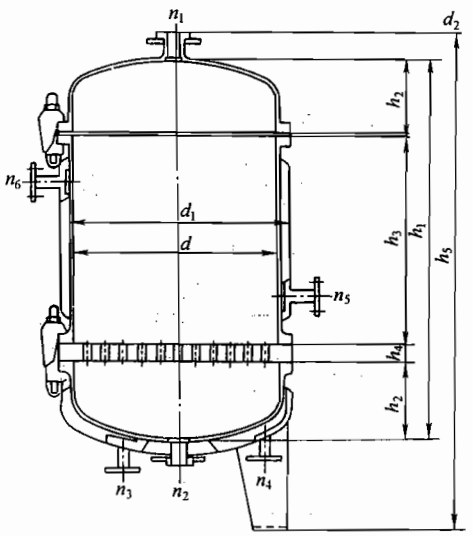


图 35-63 A 型过滤器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

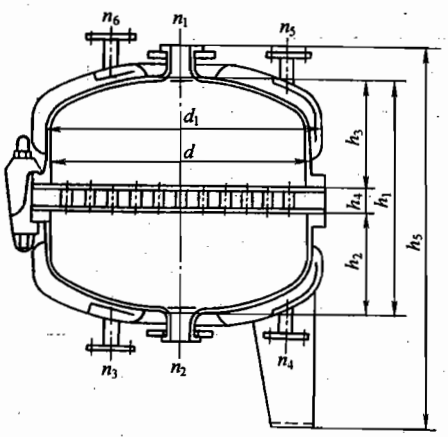


图 35-64　B 型过滤器

表 35-73　A 型过滤器尺寸

公称容积 VN/L	全容积 V/L	传热面积 /m²	过滤面积 /m²	d /mm	d_1 /mm	h_1 /mm	h_2 /mm	h_3 /mm
50	90	0.50	0.12	400	500	860	175	450
100	170	0.90	0.20	500	600	1010	200	550
200	315	1.50	0.28	600	700	1285	235	750
300	570	2.00	0.50	800	900	1345	310	650
400	860	2.50	0.78	1000	1100	1355	360	550
500	1260	3.00	1.13	1200	1310	1415	410	500

表 35-74　A 型过滤器管口尺寸　/mm

公称容积 VN/L	h_4	h_5	管口公称直径 dN					
			n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
50	60	1145	50	50	25	25	25	25
100	60	1295	65	65	25	25	25	25
200	60	1565	65	65	25	25	25	25
300	80	1635	65	65	32	32	32	32
400	80	1735	80	80	40	40	40	40
500	80	1790	80	80	40	40	40	40

表 35-75　B 型过滤器尺寸

公称容积 VN/L	全容积 V/L	传热面积 /m²	过滤面积 /m²	d /mm	d_1 /mm	h_1 /mm	h_2 /mm	h_4 /mm
15	35	0.30	0.12	400	500	410	175	60
30	62	0.50	0.20	500	600	460	200	60
50	104	0.70	0.28	600	700	530	235	60
100	244	1.40	0.50	800	900	700	310	80
200	434	2.10	0.78	1000	1100	800	360	80
300	702	3.10	1.13	1200	1300	900	410	80

表 35-76　B 型过滤器管口尺寸

公称容积 VN/L	h_5 /mm	管口公称直径 dN/mm					
		n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
15	760	50	50	25	25	25	25
30	810	65	65	25	25	25	25
50	880	65	65	25	25	25	25
100	1050	65	65	32	32	32	32
200	1250	80	80	40	40	40	40
300	1350	80	80	40	40	40	40

3.16　搪玻璃水喷射泵

技术参数、结构型式及尺寸见图 35-65，表 35-77、表 35-78。

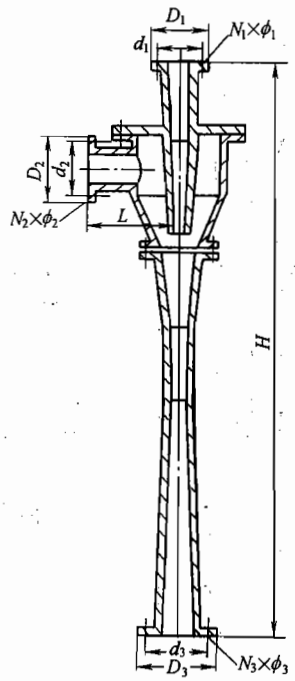


图 35-65　搪玻璃水喷射泵

表 35-77　搪玻璃水喷射泵技术参数

参　数	ASB -30 型	ASB -100 型
水压(进口处)/MPa	>0.2	>0.3
水量/(m³/h)	30	52
真空度/mmHg	720	720
排气量/(m³/h)	40(27mmHg)	100(27mmHg)
离心泵	IS65-50-160	IS-65-160
电机功率/kW	4	7.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-78 搪玻璃水喷射泵主要尺寸 /mm

型 号	D_1	d_1	$N_1\times\phi_1$	D_2	d_2	$N_2\times\phi_2$	D_3	d_3	$N_3\times\phi_3$	H	L	质量/kg
ASB-30 型	130	100	4×14	140	110	4×14	140	110	4×14	1046	160	42
ASB-100 型	140	110	4×18	160	130	4×14	180	150	4×14	1355	200	75

3.17 搪玻璃液面计（HG/T 2433—1993）

(1) 技术参数

公称压力 0.6MPa，介质温度 0～150℃。

(2) 结构型式及尺寸

结构型式见图 35-66，基本参数尺寸见表 35-79。

(3) 标记示例

搪玻璃液面计公称长度 1000mm，连接法兰 *DN*65，不带保温套。标记为：

液面计 D65-1000 HG/T 2433—1993

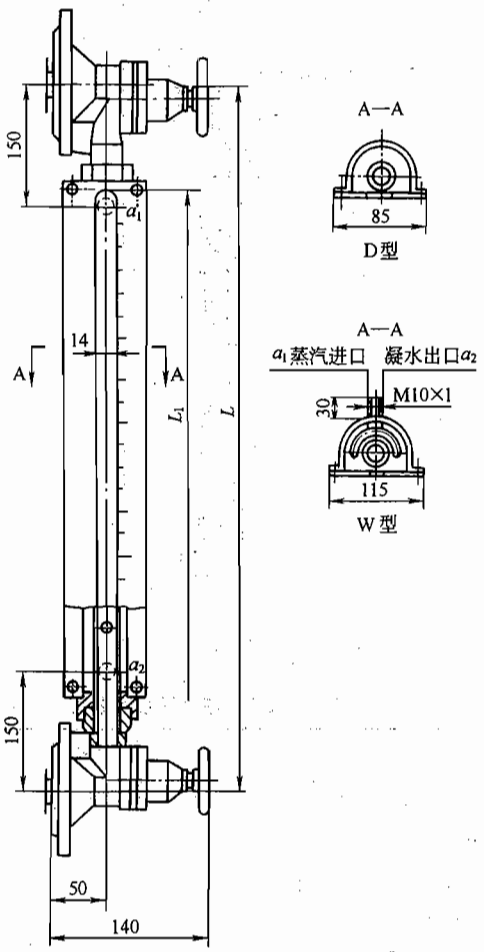


图 35-66 结构型式

表 35-79 基本参数

公称长度 L /mm	透光长度 L_1 /mm	参考质量/kg			
		*PN*0.6 连接法兰 MPa *DN*50		*PN*0.6 连接法兰 MPa *DN*65	
		D型（不保温型）	W型（保温型）	D型（不保温型）	W型（保温型）
800	520	10.8	11.5	11.7	12.4
900	620	11.1	11.9	12.0	12.8
1000	720	11.1	12.3	12.3	13.2
1100	820	11.7	12.7	12.6	13.6
1200	920	12.0	13.1	12.9	14.0
1300	1020	12.3	13.5	13.2	14.4
1400	1120	12.6	13.9	13.5	14.8
1500	1220	12.9	14.3	13.8	15.2
1600	1320	13.2	14.7	14.1	15.6
1700	1120	13.5	15.1	14.4	16.0
1800	1520	13.8	15.5	14.7	16.4
1900	1620	14.1	15.9	15.0	16.8
2000	1720	14.4	16.3	15.3	17.2

4 设备设计用计算机软件

4.1 SW6-1998 过程设备强度计算软件包

SW6-1998《过程设备强度计算软件包》是化工过程设备（压力容器）设计进行常规强度和刚度计算的专业应用程序。该软件包设计计算内容完整、计算结果正确、运算速度快捷、操作使用简单、符合设备设计人员的要求，十多年来自始至终及认真地处理用户使用中的各类问题，并根据化工过程设备（压力容器）设计计算有关的国家标准、行业标准全面更新和颁布，以及计算机技术的不断发展和软件应用平台的转变，对软件包进行完善和多次更新，已成为设备设计人员进行设备设计、方案比较、在役设备强度评定等工作不可缺少的重要工具。

该软件包由全国化工设备设计技术中心站负责组

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

织，参加编制工作单位包括：华东理工大学机械与动力工程学院、中国石化集团上海工程有限公司（原上海医药设计院）、中国寰球工程公司、中国天辰化学工程公司（原化学工业部第一设计院）、五环科技股份有限公司（原化学工业部第四设计院）、华陆工程科技有限责任公司（原化学工业部第六设计院）、天津市化工设计院和合肥通用机械研究所等，此前中国石化集团工程建设公司、中国石化集团北京石化工程公司等单位都曾参加此软件包的编制工作，这些单位都有长期从事工程设计或教学工作的资历，在行业中具有一定影响。

4.1.1 软件包的内容和编制依据

该软件包包括10个化工过程设备类计算程序、1个受压元件类计算程序、1个用户材料数据管理库程序。

10个过程设备类计算程序：卧式容器、立式容器（带夹套或无夹套、有搅拌器或无搅拌器）、固定管板式换热器、U形管式换热器、浮头式换热器、填料函式换热器、塔式容器、高压容器、球形容器及非圆形容器。

1个受压元件类计算程序：可单独计算受内压、外压的圆筒及各种形式封头、法兰（有垫片或无垫片）、开孔补强、局部应力、卡箍结构、弯头、三通、斜接管、超压泄放装置等。

1个用户材料数据管理库程序，库内提供的数据包括：材料在常温下的抗拉强度和屈服强度（或规定非比例延伸强度）、材料密度、在指定温度下的许用应力、屈服强度、弹性模量、平均线胀系数以及碳素钢和低合金钢的持久强度或高合金钢的高温抗拉强度等。

该软件包所涉及的压力容器受压元件和受压容器设计计算公式，采用我国相关专业标准或规范中的计算方法，确保软件包计算结果的准确性。该软件包引用的标准及参考资料主要有：GB 150—1998《钢制压力容器》、GB 151—1999《管壳式换热器》、JB/T 4710—2005《钢制塔式容器》、JB/T 4731—2005《钢制卧式容器》、GB/T 12337—1998《钢制球形容器》、JB/T 4734—2002《铝制焊接容器》、JB/T 4745—2002《钛制焊接容器》、JB/T 4755—2006《铜制压力容器》、JB/T 4756—2006《镍及镍合金制压力容器》、HG 20582—1998《钢制化工容器强度计算规定》、HG/T 20569—1994《机械搅拌容器》、美国《WRC107公报》和美国《WRC297公报》等。

4.1.2 软件包的主要功能和特点

由于SW6-1998以Windows为操作平台，不少操作借鉴了类似于Windows的用户界面，因而允许用户分多次输入同一台设备的原始数据，在同一台设备中对不同零部件原始数据的输入次序不作限制，输入原始数据时还可借助于示意图或在线帮助给出提示等，极大地方便用户使用。一个设备中各个零部件的计算次序，既可由用户自行决定，也可由程序来决定。

SW6-1998的各个计算程序采用的用户界面几乎相同，便于化工设备专业人员上机使用。

SW6-1998运算快捷，计算结束后，分别以屏幕显示简要结果及直接采用WORD表格形式形成按中、英文编排的《设计计算书》等多种方式，给出正确的计算结果，满足用户查阅简要结论或输出正式文件存档的不同需要。为了便于用户对图纸和计算结果进行校核，并符合压力容器管理制度原始数据存档的要求，用户还可以采用WORD表格形式输出用户输入的原始数据。

SW6-1998有单台计算机使用的版本，也有局域网使用的网络版本，可满足用户多台计算机同时上机使用要求。

4.2 PVCAD V3化工设备CAD施工图软件包

PVCAD V3《化工设备CAD施工图软件包》是化工过程设备（压力容器）常用的专业应用程序。

PVCAD V3软件是利用先进计算机技术和装备，帮助化工设备（压力容器）设计工程师提高工程设计和制图的精确性及工作效率。十多年来自始至终及认真地处理用户使用中的各类问题，在行业中具有良好的声誉。

PVCAD V3软件是用户一次性输入原始数据后，软件包能自动成图、拉出件号、标注尺寸、形成材料表，以及通过简单操作即可逐级生成非标准的零部件施工图等一系列功能，极大地方便用户使用和提高出图速度。

该软件包由全国化工设备设计技术中心站负责组织，参加编制工作单位包括：华东理工大学机械与动力工程学院、中国石化集团上海工程有限公司（原上海医药设计院）、中国天辰化学工程公司（原化学工业部第一设计院）、化学工业第二设计院（原华泰工程公司）、五环科技股份有限公司（原化学工业部第四设计院）、上海化工设计院和北京燕山石油化工公司机械厂等国内长期从事石油和化工工程设计、制造及教学的单位。

4.2.1 软件包的内容

PVCAD V3软件是将化工设备设计中GB、JB、HG等标准编制在内，同时将一些常用的非标零部件也收集起来，结合机械制图标准形成一套能满足工程实际施工的施工图图纸，设备有卧式容器、立式容器、填料塔、筛板塔、浮阀塔、固定管板兼作法兰换热器（立式、卧式）、固定管板不兼作法兰换热器（立式、卧式）、U形管换热器（立式、卧式）、浮头式换热器、带夹套搅拌反应器和球罐等十大类设备的施工图绘图软件。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

4.2.2 软件包的功能和特点

PVCAD V3软件所用的绘图元素，如点、线、面、块等均为自行开发，以DXB文件形式与AutoCAD接口，因而具有运行速度快（形成一张总图只需约一分钟），生成文件小，软件兼容性强等优点，同时也为用户输出图形、增加非标零部件及图面修改提供了必要手段。

PVCAD V3软件采用程控方式，用户一次输入数据，程序即可自动绘制出整套施工图（总装图和零、部件图），几乎无需用户中间输入数据和中间干预。在形成施工图时，由符合工程实际的专家系统帮助判断零部件在施工图上的位置、施工图比例、布图、尺寸标注、自动排列、拉件号，以及形成材料明细表、技术特性表、管口表及技术要求等。

PVCAD V3软件能全自动逐张生成成套的设备施工图图形，出图速度明显高于直接采用AutoCAD绘制的速度，该功能在工程设计与制图方面发挥了很好的作用。

PVCAD V3软件编入了化工过程设备中大量标准零部件的图形和数据，可供各类设备程序调用，标准零部件有容器法兰（包括垫片和紧固件）、管法兰（包括法兰盖、垫片和紧固件）、各类人孔和手孔、视镜、液位计、补强圈、各类支座、除沫器、塔顶吊柱、膨胀节等。另外还有丰富的各种常用的化工设备非标准零部件，如：立式或卧式蛇管、进出料管和压料管、各类喷淋装置、液体分配器和再分配器、各类填料支承和压板、折流板、分程隔板等。

PVCAD V3软件提供了和SW6-1998《过程设备强度计算软件包》之间的数据接口，使得PVCAD V3软件可直接打开SW6-1998的数据文件，设计人员不再需要重复输入那些运行SW6-1998已输入或计算得到的数据。

PVCAD V3软件提供了供用户灵活设计的接口，如空件号输入、特殊要求加入及显示图形后标注焊缝符号等，还增加了在设备总图形成以后，在不退出AutoCAD的情况下，直接在图纸上添加某些零部件的功能。如可在塔器底部添上U形管束作为再沸器、在容器中添上蛇形加热管等。

PVCAD V3软件采用了相关数据联动、图形提示和在线帮助等方法，方便用户进行数据输入，帮助用户进一步理解结构数据的含义和避免可能出现的对数据含义的误解。

PVCAD V3软件利用了WINDOWS程序的许多先进功能，使得程序运行更为可靠，使用更为方便。对于化工设备设计、制造工程师而言，无需特别培训即能使用本软件进行化工设备施工图的设计。

4.3 PVDS-V3.0压力容器设计技术条件专家系统

PVDS-V3.0《压力容器设计技术条件专家系统》是形成化工过程设备（压力容器）施工图中“技术特性表”、“技术要求”等内容的文本文件，调入到施工图幅中，并经过一定的编辑、整理后，即与施工图构成为一个有机的整体，确保“技术特性表”、“技术要求”中列出的数据更规范、更正确。

PVDS-V3.0由全国化工设备设计技术中心站内长期从事石油和化工工程设计人员开发。

4.3.1 软件包的内容和编制依据

PVDS-V3.0软件有卧式容器、立式容器、带夹套立式容器（带搅拌装置）、塔式容器、球形储罐和换热器等六个模块。

PVDS-V3.0软件按《压力容器安全技术监察规程》、GB 150—1998《钢制压力容器》、GB 151—1999《管壳式换热器》、GB 12337—1998《钢制球形储罐》、JB/T 4710—2005《钢制塔式容器》、JB/T 4731—2005《钢制卧式容器》、JB/T 4735—1997《钢制焊接常压容器》、HG/T 20569—1994《机械搅拌设备》、HG 20580—1998《钢制化工容器设计基础规定》、HG 20584—1998《钢制化工容器制造技术规定》以及TCED 41002《化工设备图样技术要求》等标准进行编制的。

4.3.2 软件包的功能和特点

PVDS-V3.0软件是基于Windows平台的应用软件，用户操作都以图标、按钮、下拉框、编辑框等Windows常用的方式进行。提供了丰富的绘图参数设置，从而保证了将生成结果放入AutoCAD图形文件（包括总图和零部件图）的同时，保持原有图形文件的绘图风格。

对属于《压力容器安全技术监察规程》监察的设备进行容器类别的判定。确定设备的设计、制造及检验应采用的标准及规范。

对设备的主要受压元件所采用的材料进行鉴别，并提供所用钢材的标准号、使用状态以及各种附加要求（例如超声检测，冲击试验及其合格级别等）。

提供设备各主要受压元件之间焊接的焊缝结构要求，以及向用户推荐设备材料焊接时所使用的焊条牌号，确定设备主要焊缝的无损探伤要求及合格要求。

对于有晶间腐蚀试验要求的设备，提出晶间腐蚀的试验方法及合格标准。

判定设备是否需焊后热处理。

根据设备的工况条件，提出设备压力试验及致密性试验的要求。

根据设计温度和设备材料，向用户推荐设备底漆的品种、设备保温材料的选择。

依据设备的工况条件，提出设备焊接试板的要求等。判定设备是否需制备产品焊接试板。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

对立式容器、带夹套立式容器和卧式容器，还将提供在设备上设置人、手孔的有关要求。

对于带有搅拌装置的设备，程序将提供有关搅拌系统的各项技术要求，同时对搅拌轴及搅拌器也将会提出相应的技术要求。

塔式容器的安装以及有关塔体、塔盘、塔板、栅板等零部件提出相应技术要求和喷淋装置的装配要求。

对于塔式容器的运输方式，程序也将提供参考性意见。

提供换热器的型号，以及对换热器中有关换热管、管板、折流板、支持板等零部件提出相应技术要求。

4.4 过程设备工程图软件

过程设备工程图软件编制是根据工艺等相关专业的工艺特性和参数、使用特性、设备布置等要求的过程设备条件图。该条件图可用于工程前期阶段各相关专业间的交流、反馈，也可作为设备设计的条件图。

过程设备工程图软件由全国化工设备设计技术中心站内长期从事石油和化工工程设计人员开发。

4.4.1 软件包的内容和编制依据

过程设备工程图软件有容器（卧式、立式、立式带夹套）、塔式容器（填料塔、板式塔）和换热器（浮头式、固定式、U形管式）三个模块。

过程设备工程图软件根据 HG/T 20668—2002《化工设备设计文件编制规定》中的工程图实例，按 GB 150—1998《钢制压力容器》、GB 151—1999《管壳式换热器》、JB/T 4710—2005《钢制塔式容器》、JB/T 4731—2005M《钢制卧式容器》、JB/T 4746—2002《钢制压力容器用封头》、JB/T 4712—1992《鞍式支座》、JB/T4713—1992《腿式支座》、JB/T 4724—1992《支承式支座》、JB/T 4725—1992《耳式支座》、SH/T 3418—2007《石油化工换热器鞍式支座技术规范》JB/T 4700～4707—2000《设备法兰》、HG 20592～20635—1997《管法兰、垫片、紧固件》、HG 21515～21535—2005《钢制人孔和手孔》等标准进行编制。

4.4.2 软件包的功能和特点

过程设备工程图软件是基于 Windows 平台的应用软件，用户操作都以图标、按钮、下拉框、编辑框等 Windows 常用的方式进行。

过程设备工程图软件提供了和 SW6-1998《过程设备强度计算软件包》之间的数据接口，使得过程设备工程图软件可直接打开 SW6-1998 的数据文件，设计人员只要输入必要工艺参数的数据，软件通过 SW6 软件进行计算（或校核），计算设备的壁厚、设备质量（其中有不锈钢质量）。根据输入的数据和计算的结果，软件自动生成单线的设备结构图、关节零部件图和主要节点图，标出各主要零部件的壁厚以及主要的结构尺寸、安装尺寸等，并自动形成设计数据表、材料表、估计质量表、管口表等。

由于在工程前期阶段，对设备未有详细参数，软件调用标准库和成熟的工程经验值，使得用户输入的参数大大减少，能完成过程设备工程图。

过程设备工程图上有设备的结构型式、总体尺寸、主要元件的尺寸、壳体各部位的厚度、安装尺寸、管口方位。

设计数据表包括：工艺参数、设计参数、容器类别、介质特性、试验压力、无损检测、热处理、保温及防火要求等。

材料表包括：主要零件的材料牌号（包括法兰、垫片、螺栓）。

管口表包括：管口规格、法兰压力等级、法兰型式、法兰密封面型式、用途、标准号等。

采用标准表：各主要元件所采用的标准。

过程设备工程图用于工程前期阶段各工种与设备的条件交流和修改，以及作为设备条件图，也可作为询价、报价的依据。

4.5 VAS2.0 压力容器有限元分析软件

VAS2.0 压力容器有限元分析软件是压力容器进行分析设计时所使用的软件。

VAS2.0 软件由北京飞箭软件有限公司开发。

4.5.1 软件包的编制依据

VAS2.0 软件是根据 JB 4732—1995《钢制压力容器—分析设计标准》标准进行编制的。

4.5.2 软件包的功能和特点

VAS2.0 软件有丰富的部件库，按分析设计方法进行计算，完全与 CAD 结合，基本实现了建立模型、划分网络、处理边界条件以及结果自动化，用户界面友好，为用户带来极大方便。

前后处理功能强大，能进行有限元的机械、热应力和温度场计算、进行应力分类和疲劳分析等，灵活显示温度、位移、应力、应变等多种图线和数据，能自动打印成分析设计报告。

5 塔附件及其他

5.1 泡罩、浮阀、填料、丝网除沫器和吊柱

5.1.1 圆泡罩

圆泡罩（JB/T 1212—1999）的结构及尺寸见图 35-67 及表 35-80。

标记示例：*DN*80，*h*＝25mm，材料为Ⅰ类的圆泡罩，标记为 *DN*80-25-Ⅰ JB/T 1212—1999。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

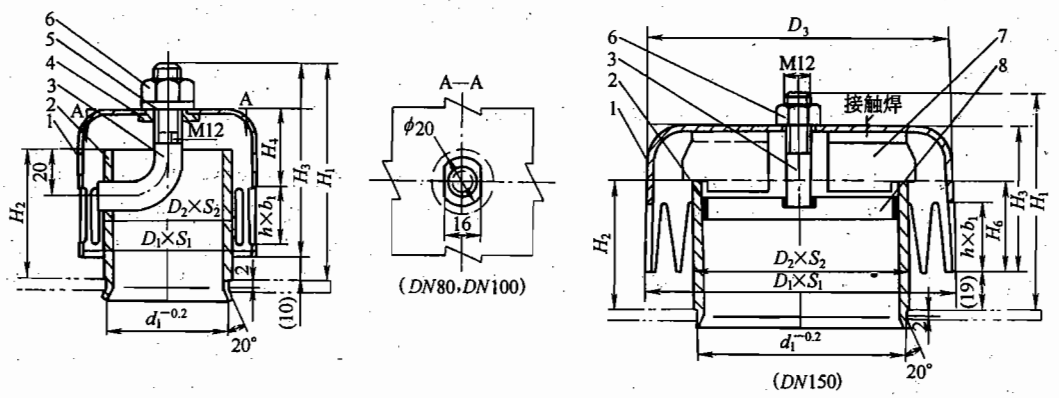


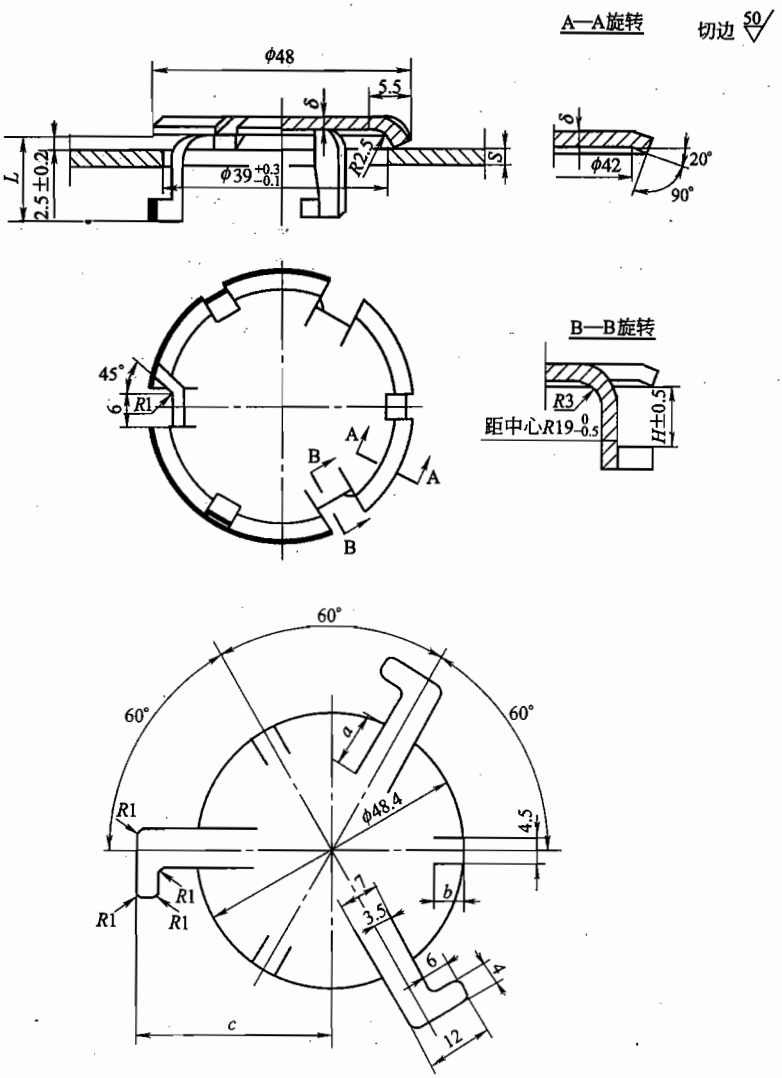
图 35-67 圆泡罩结构

1—泡帽；2—升气管；3—连接螺柱；4—异形螺母；5—垫圈；6—螺母；7—支架；8—横梁

表 35-80 圆泡罩基本尺寸 /mm

尺寸		Ⅰ类(Q235AF)			Ⅱ类(0Cr18Ni9)		
公称直径 D_g		80	100	150	80	100	150
泡帽(外径×壁厚)$D_1\times S_1$		80×2	100×3	158×3	80×1.5	100×1.5	158×1.5
泡帽顶部外径 D_3		—	—	152	—	—	152
升气管(外径×壁厚)$D_2\times S_2$		57×3.5	70×4	108×4	57×2.75	70×3	108×4
总高度 H_1		95	105	107	95	105	107
升气管高度 H_2		57	62	64	57	62	64
泡帽高度 H_3		65	75	73	65	75	73
支架至泡帽底端高度 H_6		—	—	45	—	—	45
泡帽顶端至齿缝高度 H_4	1	40	45	—	40	45	—
	2	35	42	—	35	42	—
	3	30	38	—	30	38	—
齿缝高度 h	1	20	25	35	20	25	35
	2	25	28	—	25	28	—
	3	30	32	—	30	32	—
齿缝宽度 b_1		4	5	$\overset{\frown}{R_4/13.5}$	4	5	$\overset{\frown}{R_4/13.5}$
齿缝数目 n		30	32	28	30	32	28
齿缝节距 f		$\overset{\frown}{8.38}$	$\overset{\frown}{9.82}$	$\overset{\frown}{17.7}$	$\overset{\frown}{8.38}$	$\overset{\frown}{9.82}$	$\overset{\frown}{17.7}$
升气管孔径 d_1		55	68	106	55	68	106
升气管净面积 F_1/cm^2		16.06	25.85	73.05	17.16	27.75	73.05
回转面积 F_2/cm^2		25.12	38.94	78.50	26.68	43.21	78.90
环形面积 F_3/cm^2		19.84	30.90	80.00	21.04	35.39	85.10
齿缝总面积 F_4/cm^2	1	22.97	38.27	102.5	22.97	38.27	102.5
	2	28.97	43.07	—	28.97	43.07	—
	3	34.97	49.47	—	34.97	49.07	—
F_2/F_1		1.56	1.50	1.08	1.55	1.55	1.08
F_3/F_1		1.22	1.19	1.10	1.21	1.26	1.17
泡帽质量/kg	1	0.68	1.11	1.40	0.56	0.88	1.40
	2	0.67	1.09	—	0.55	0.87	—
	3	0.66	1.08	—	0.54	0.86	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



展开图

图 35-68　F1 型浮阀

5.1.2　阀及浮阀塔盘

(1) F_1 型浮阀标准（JB 1118—2001）

① 品种规格　F_1 型浮阀分轻阀和重阀两种，轻阀用薄钢板冲制，轻阀厚度为 1.5mm，用“Q”表示。重阀厚度 2.0mm，用“Z”表示。

F_1 型浮阀的最小开度为 2.5mm，最大开度为 8.5mm（H-S），F_1 型浮阀用三种材料 0Cr13、0Cr18Ni19、0Cr17Ni12Mo2 制造，如需采用其他材料时，应在图纸中注明，并在订货时提出。本标准的浮阀适用的塔盘厚度为 2、3、4mm，升气孔尺寸为 φ39mm。

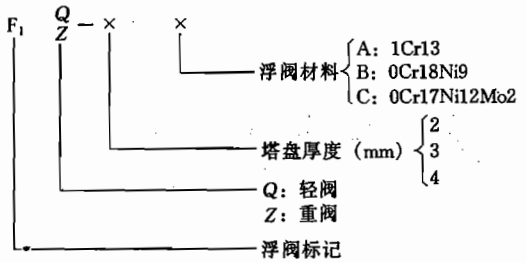
② 基本参数和尺寸（见图 35-68）。阀重见表 35-81。

表 35-81　阀重表

标记	F_1Q-4A	F_1Z-4A	F_1Q-4B	F_1Z-4B	F_1Q-4C	F_1Z-4C	F_1Q-3A	F_1Z-3A	F_1Q-3B	F_1Z-3B	F_1Q-3C	F_1Z-3C	F_1Q-2B	F_1Z-2B	F_1Q-2C	F_1Z-2C
阀厚/mm	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2	1.5	2
阀重/kg	0.0246	0.0327	0.0251	0.0333	0.0253	0.0335	0.0243	0.0324	0.0248	0.0330	0.0250	0.0332	0.0246	0.0327	0.0247	0.0329

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

③ 标记　标记方式：



标记示例：

用于塔盘板厚度为3mm，由0Cr18Ni9钢制的型重阀。其标记为：

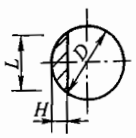
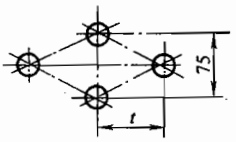
浮阀 F_1Z-3B　JB/T 1118—2001

(2) 浮阀塔盘系列

单流浮阀塔盘的系列及参数见表35-82，双流浮阀塔盘的系列及参数见表35-83。

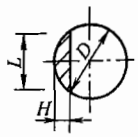
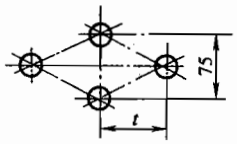
浮阀塔盘按《塔盘技术条件》(JB/T 1205—2001) 制造和验收。

表35-82　单流浮阀塔盘系列及参数

塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	弓形降液板		降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg
														
			L/mm	H/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100		
600	2610	300 350 450	406	77	188	7.2	28	22	17	11.75	9.32	7.2	30或40（固定）	17.6
			428	90	238	9.1	22	22	17	9.3	9.32	7.2		18.0
			440	103	289	11.02	22	19	17	9.3	8.05	7.2		18.5
700	3590	300 350 450	466	87	248	6.9	34	29	26	10.6	9.02	8.07	30或40（固定）	21
			500	105	325	9.06	33	26	26	10.25	8.07	8.07		21.6
			525	120	395	11	29	26	22	9.02	8.07	6.85		22
800	5027	350 450 500 600	529	100	363	7.22	46	28	28	10.9	6.65	6.65	25～50（可调）	39
			581	125	502	10	22	28	20	7.57	6.65	4.74		40
			640	160	717	14.2	32	20	20	7.57	4.74	4.74		40
1000	7854	350 450 500 600	650	120	534	6.8	76	64	46	11.6	9.76	7	25～50（可调）	51
			714	150	770	9.8	76	64	46	11.6	9.76	7		51
			800	200	1120	14.2	64	46	46	9.76		7		52

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	弓形降液板		降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg
														
			L/mm	H/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100		
1200	11310	350 450 500 600 800	794	150	816	7.22	118	96	80	12.45	10.13	8.46	25～50（可调）	65
			876	190	1150	10.2	118	96	80	12.45	10.13	8.46		67
			960	240	1610	14.2	100	80	58	10.55	8.45	6.13		69
1400	15390	350 450 500 600 800	903	165	1020	6.63	168	140	112	13.03	10.86	8.7	25～50（可调）	81
			1029	225	1610	10.45	168	116	96	13.05	9	7.48		83
			1104	270	2065	13.4	148	116	96	11.5	9	7.48		84
1600	20110	450 500 600 800	1056	199	1450	7.21	228	192	160	13.55	11.4	9.52	25～50（可调）	114
			1171	255	2070	10.3	228	176	136	13.55	10.5	8.1		118
			1286	325	2918	14.5	200	144	112	11.9	8.57	6.67		126
1800	25450	450 500 600 800	1165	214	1710	6.74	318	244	214	14.9	11.4	10	25～50（可调）	139
			1312	284	2570	10.1	288	214	190	13.5	10	8.9		146
			1434	354	3540	13.9	264	190	156	12.4	8.9	7.33		152
2000	31420	450 500 600 800	1308	244	2190	7	390	320	242	14.8	12.2	9.23	25～50（可调）	146
			1456	314	3155	10	366	296	242	13.9	11.3	9.23		161
			1599	399	4457	14.2	304	258	214	11.6	9.83	8.15		171

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

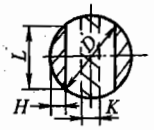
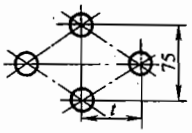
塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	弓形降液板		降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg
			L/mm	H/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100		
2200	38010	450 500 600 800	1598	344	3800	10	432	352	272	13.6	11.1	8.56	50 (固定)	180
			1686	394	4600	12.1	400	320	272	12.6	10.1	8.56		181
			1750	434	5320	14	360	320	240	11.3	10.1	7.55		182
2400	45240	450 500 600 800	1742	374	4524	10	530	438	338	14	11.6	8.94	50 (固定)	217
			1830	424	5430	12	490	398	298	12.95	10.5	7.9		221
			1916	479	6430	14.2	454	362	294	12	9.57	7.8		224

表 35-83 双流浮阀塔盘系列及参数

塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	降液板			降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg	
			L/mm	H/mm	K/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100		中间降液(A)	两侧降液(B)
2200	38010	450 500 600 800	1287	208	200	3801	10.15	344	276	272	10.8	8.7	8.56	50	325	262
			1368	238	200	4561	11.8	348	276	192	10.95	8.7	6.04		326	261
			1462	278	240	5398	14.7	324	260	184	10.2	8.17	5.8		331	267

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	降液板			降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg	
															中间降液(A)	两侧降液(B)
			L/mm	H/mm	K/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100			
2400	45230	450 500 600 800	1434	238	200	4523.9	10.1	480	388	304	12.7	10.25	8.03	50	336	272
			1486	258	240	5428.7	11.6	480	388	304	12.7	10.25	8.03		330	272
			1582	298	280	6423.9	14.2	392	312	212	10.4	8.25	6.2		337	290
2600	53090	450 500 600 800	1526	248	200	5309.3	9.7	588	412	328	13.2	9.7	7.38	50	374	323
			1606	278	240	6371.1	11.4	520	416	332	11.7	9.35	7.48		378	337
			1702	318	320	7539.2	14	524	420	332	11.8	9.45	7.48		383	349
2800	61580	450 500 600 800	1619	258	240	6157.5	9.3	640	552	448	12.4	10.7	8.69	50	416	368
			1752	308	280	7389	12.0	644	448	364	12.5	8.69	7.06		417	379
			1824	338	320	8743.7	13.75	560	452	356	10.9	8.77	6.9		416	365
3000	70690	450 500 600 800	1768	288	240	7068.6	9.8	812	600	480	13.7	10.1	8.12	50	460	407
			1896	338	280	8482.3	12.4	704	608	484	11.9	10.3	8.2		462	421
			1968	368	360	10037.4	14	704	492	392	11.9	8.31	6.64		452	421
3200	80430	600 800	1882	306	280	8042.5	9.75	876	744	516	13.0	11.0	7.67	50	584	510
			1987	346	320	9651	11.65	872	648	516	12.95	9.63	7.67		570	513
			2108	396	360	11420.3	14.2	752	644	516	11.2	9.58	7.67		589	526

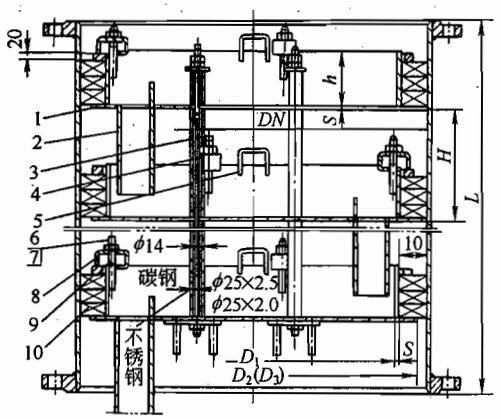
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

塔径 D /mm	塔截面总面积 A_T /cm²	塔盘间距 /mm	降液板			降液管总面积 A_D /cm²	$\frac{A_D}{A_T}$ /%	塔盘浮阀数			阀孔开孔率/%			出口堰高度 /mm	每层塔盘质量 /kg	
			L/mm	H/mm	K/mm			t=65	t=80	t=100	t=65	t=80	t=100		中间降液(A)	两侧降液(B)
3400	90790	600 800	2002	326	280	9079.2	9.8	1052	808	688	13.9	10.6	9.06	50	636	554
			2157	386	320	10895	12.5	948	808	560	12.5	10.6	7.37		640	575
			2252	426	400	12892.5	14.5	820	708	552	10.8	9.34	7.28		610	574
3600	101790	600 800	2148	356	280	10178.6	10.2	1120	996	736	13.1	11.68	8.65	50	713	625
			2227	386	360	12214.5	11.5	1116	860	736	13.0	10.1	8.65		698	642
			2372	446	400	14453.9	14.2	1020	860	600	11.96	10.1	7.05		735	679
3800	113410	600 800	2242	366	320	11340	9.94	1328	1048	896	14.0	11.07	9.44	50	764	724
			2374	416	360	13609.4	11.9	1188	1056	780	12.5	11.13	8.23		778	752
			2516	476	440	16104.4	14.5	1076	912	780	11.38	9.61	8.23		768	767
4200	138500	600 800	2482	406	360	13854	9.88	1624	1308	996	14.0	11.28	8.62	50	857	890
			2613	456	400	16625.3	11.7	1500	1180	996	12.95	10.2	8.62		878	923
			2781	526	480	19410	14.1	1336	1180	868	11.5	10.2	7.5		876	936

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 塔盘结构（见图 35-69～图 35-71）



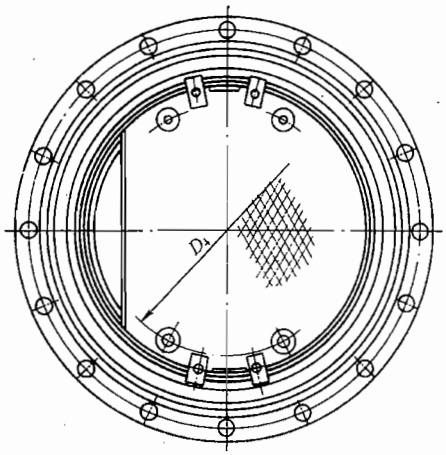


图 35-69 定距管式塔盘

1—塔盘板；2—降液管；3—拉杆；4—定距管；5—吊耳；6—螺柱；7—螺母；8—压板；9—压圈；10—填料

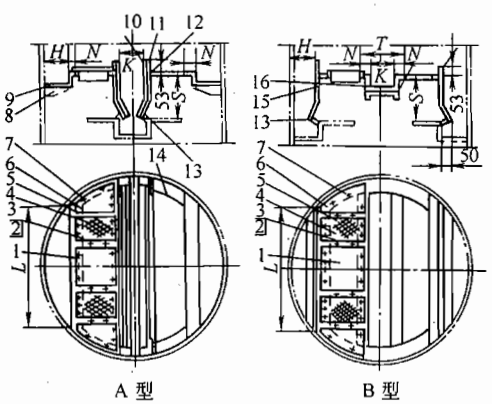


图 35-70 φ2200～φ4200 双流塔盘

1—通道板；2—龙门铁；3—楔子；4—矩形板；5—浮阀；6—弓形板；7—卡板；8—筋板；9—受液盘；10—中间降液板；11—连接板（左、右）；12—支持板；13—筋板；14—支持圈；15—侧降液板；16—中间受液槽

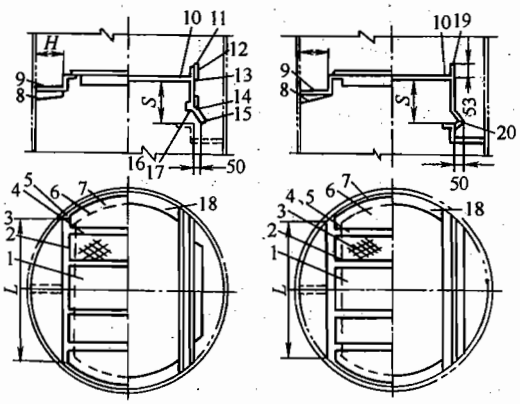


图 35-71 单流塔盘

1—通道板；2—矩形板；3—浮阀；4—龙门铁；5—楔子；6—弓形板；7—卡板；8—筋板；9—受液盘；10—支持板；11—可调堰板；12—固定降液板；13—螺柱；14—可拆降液板；15—连接板（左、右）；16—螺栓；17—螺母；18—支持圈；19—降液板；20—筋板

(4) 浮阀塔盘系列说明

① 塔盘间距　塔盘间距的选择是从减少雾沫夹带，避免液泛，并使塔设备有一定的操作弹性等方面来考虑的，另外结构设计上也要求有一定的塔盘间距，本系列的规定见表 35-84。

表 35-84 塔盘间距规定 /mm

塔盘直径	塔盘间距
600～700	300,350,450
800～1000	350,450,500,600
1200～1400	350,450,500,600,800
1600～3000	450,500,600,800
3200～4200	600,800

② 降液管截面积占塔截面积的百分比　塔盘降液管尺寸与液相负荷有关，单流塔盘堰长一般为塔径的 60%～80%；双流塔盘两侧降液管的堰长为塔径的 50%～70%。中间受液槽的面积以等于两侧降液管面积为最好，宽度一般不小于 200mm。本系列规定降液管面积占塔截面积的百分比（A_D/A_T）为：直径为 600～700mm 时，其公称值为 7%、9%、11%；直径为 800～2000mm 时，其公称值为 7%、10%、14%；直径为 2200～4200mm 时，其公称值为 10%、12%、14%。

为了增加塔盘板的互换性，方便制造和检修，因此对上述规定的百分比作了适当的调整，使塔板长度规格由原来的 60 种减少为 25 种。现实际设计的降液管面积占塔截面积的百分比与系列公称值之间误差值为±0.5%范围以内。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

③ 降液板 本系列的降液板采用带垂直段和倾斜段的组合结构，这种结构可以缩小受液盘的面积，增加塔盘的有效面积。本系列规定，直径为800～2000mm时，降液板倾斜段为可拆结构；直径为2200～4200mm时为固定结构。

④ 溢流堰 工艺设计中采用的溢流堰高度在加压和常压装置中一般为50mm，在减压装置中一般为20～30mm。本系列的规定见表35-85。

表35-85 溢流堰高度规定 /mm

塔盘直径	溢流堰高度
600～700	30,40(固定)
800～2000	25～50(可调)
2200～4200	50(固定)

当塔体直径为800～2000mm时，如工艺操作上负荷稳定，没有经常清洗的必要，塔盘的降液板与溢流堰均可采用固定结构。

⑤ 受液盘 塔体直径为800～4200mm时采用凹形受液盘。考虑制造厂的特点，往往需要有抽侧线的要求，规定单流塔盘受液盘深度为50、125、160mm三种，无侧线抽出的均为50mm；规定双流塔盘中间受液盘深度：直径为2200～3000mm时为100mm，直径为3200～3400mm时为125mm，直径为3600～3800mm时为140mm，直径为4200mm时为160mm；双流塔盘两侧受液盘深度为50mm。

⑥ 浮阀及排列 目前国内已使用的浮阀形式有V-1型（F1型）、V-4型、V-6型、A型、十字架型及T型等。其中V-1型浮阀由于有结构简单、安装制造方便、节省材料等优点，使用最普遍。对于其他形式的浮阀基本上是在我国的一些进口装置中采用。本系列选定F1型浮阀JB/T 1118—2001。

目前常见的浮阀排列型式为三角形排列。而在三角形排列中，又分为顺排和叉排两种（图35-72）。叉排时，相邻阀中的吹出气体搅拌液层的相互作用较顺排显著，鼓泡均匀，液面落差不显著，因此本系列选用三角形叉排形式。浮阀的排列尺寸，目前国内不统一，孔间距在65～125mm之间变化，这样冲压模具多，给制造带来困难。本系列规定塔板孔的排列尺寸为75×65、75×80、75×100三种。若确需其他排列尺寸，设计单位可在保证75尺寸不变的情况下，在订货时与制造厂协商解决。

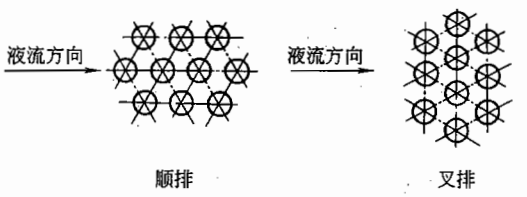
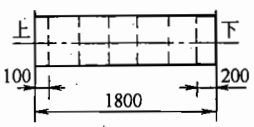
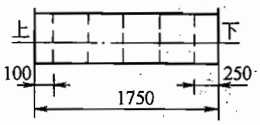
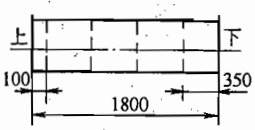


图35-72 浮阀排列形式

⑦ 塔盘板 本系列规定，塔体直径为600、700mm时采用整体结构塔盘。此时，塔体应设计成分节塔体，分节长度及每一塔节塔盘数的规定见表35-86。

塔体直径为800～4200mm时采用分块塔盘，塔板采用自身梁式，塔板宽度为420mm，人孔通道板（平板）宽度为400mm，塔板厚度均为3mm。结构参数见图35-73及表35-87、表35-88。

表35-86 塔盘板设计参数

板间距/mm	300	350	450
筒图			
筒节长度/mm	1800	1750	1800
每节内塔盘数	6	5	4

注：若用户确需增长分节长度，设计单位在保证板间距不变的情况下可与制造厂协商解决。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

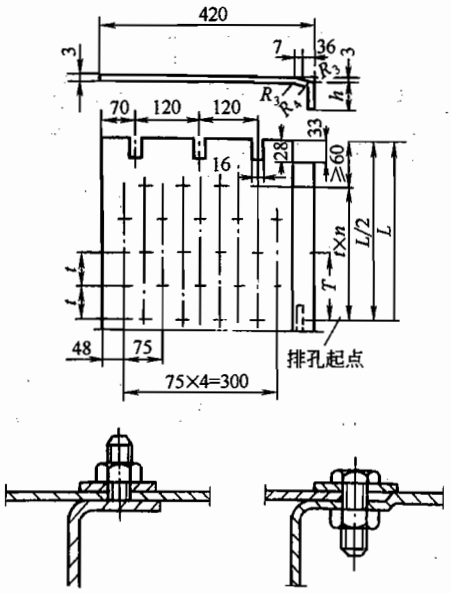


图 35-73 塔盘板结构示意

表 35-87 塔板长度 L 和翻边高度 h 的关系

L/mm	≤800	800～1200	>1200
h/mm	40	60	80

表 35-88 浮阀排列方式和焊接龙门铁间距 T 的关系

排列方式	75×65	75×80	75×100
T/mm	260	160	200

(5) 导向浮阀塔板

导向浮阀塔板是在 F1 型浮阀塔板的基础上，由华东理工大学化学工程系开发研究出来的一种新型高效浮阀塔板。其结构见图 35-74。导向浮阀的结构特点如下。

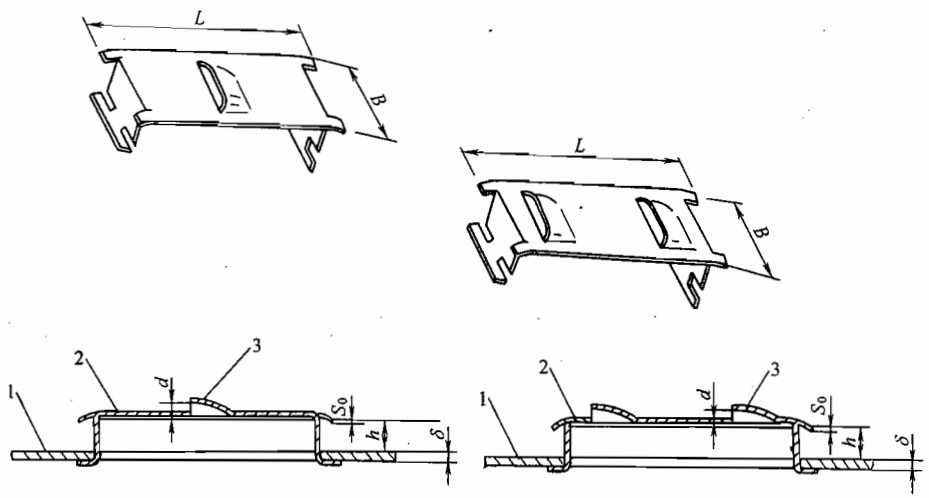
① 液面梯度小。在导向浮阀上设有适当大小的导向孔，导向孔的开口方向与塔板上的液流方向一致。在操作中，借助从导向孔流出的少量气体推动塔板上液体前进，从而消除液面梯度。

② 塔板上返混较小。导向浮阀为长方形（约长80mm、宽35mm），两端设有阀腿。在操作中，气体从两侧流出，气体流出的方向与塔板上的液流方向互相垂直，可使塔板上液体的返混明显减小。

③ 液体滞留区小。在塔板两侧的弓型区域内，液体循环流动，称为液体滞留区。在液体滞留区中的部分导向浮阀上，设两只导向孔［如图 35-74（b）所示］，以加速液体流动，使塔板上的液体流速趋向均匀，消除液体滞留区。

④ 结构可靠，不易磨损，不会脱落，操作安全可靠。

以上特点，克服了 F1 型浮阀塔板存在的液面梯度大，液体返混大，存在塔板弓型区内的液体滞留区，浮阀易磨损、易脱落的缺点。因此，导向浮阀塔板保留了 F1 型浮阀塔盘的优点，克服了其缺点，为目前国内最佳塔板之一。导向浮阀塔板具有良好的流体力学和传质性能，塔板效率明显提高。用导向浮阀塔板代替 F1 型浮阀塔板，无任何风险，对提高生产能力，改善产品质量和节能，都能获得明显的经济效果。



(a) 具有一个导向孔　　(b) 具有两个导向孔

图 35-74 导向浮阀塔板

1—塔板；2—导向浮阀；3—导向孔

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

5.1.3 填料

本节介绍国内填料塔中广泛应用的几种新型填料的外形尺寸，其技术参数和流体力学计算见本手册第2篇第12章。因国内生产填料的厂家很多，本节内容仅供读者参考，使用时应结合实际选用。

(1) 矩鞍环填料系列

瓷矩鞍环填料结构尺寸见图35-75、表35-89，塑料矩鞍环填料结构尺寸见图35-76及表35-90。

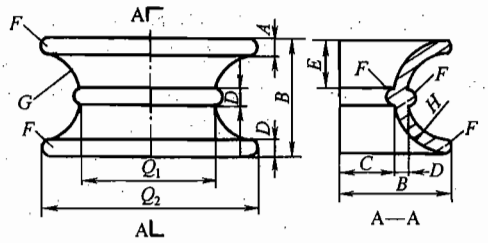


图35-75 瓷矩鞍环填料

碳钢矩鞍环填料（HG/T 21554.1—1995）及不锈钢矩鞍环填料（HG/T 21554.2—1995）形状如图35-77所示，规格尺寸见表35-91，几何特性参数见表35-92。

(2) 鲍尔环系列

碳钢鲍尔环填料（HG/T 21556.1—1995）及不锈钢鲍尔环填料（HG/T 21556.2—1995）形状见图35-78，规格见表35-93，几何特性参数见表35-94。

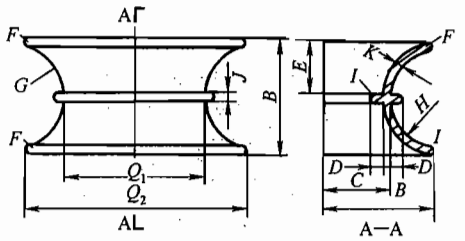


图35-76 塑料矩鞍环填料

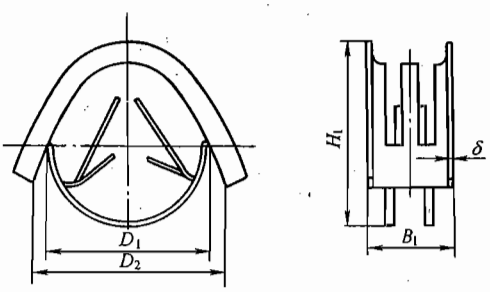


图35-77 碳钢、不锈钢矩鞍环填料

聚丙烯鲍尔环填料（HG/T 21556.3—1995）及玻纤增强聚丙烯鲍尔环填料（HG/T 21556.4—1995）形状见图35-79，规格见表35-95，几何特性参数见表35-96。

表35-89 瓷矩鞍环填料尺寸 /mm

公称直径	Q_1	Q_2	B	C	D	E	F	G	H
76	76±3	114±5	57±2	28.5	9.5±1	28.75	4.75	19	28.5
50	50±2	80±3	40±2	20	5±0.5	17.5	2.5	15	20
38	38±2	60±2	30±1	15	4±0.4	13	2	11	15
25	25±1	38±2	19±1	9.5	3±0.3	8	1.5	6.5	9.5
16	16±0.5	24±1	12±0.5	6	2±0.2	5	1	4	6

表35-90 塑料矩鞍环填料尺寸 /mm

公称直径	Q_1	Q_2	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
76	76±1.5	114±2.4	57±1.2	38±0.7	6	26	1.5	25	28	2.5	5	3±0.4
50	50±1	80±1.4	40±0.7	25±0.5	4	18.75	1	18	20	1.25	2.5	2±0.3
38	38±0.7	60±1.2	30±0.6	19±0.3	3	13.9	0.75	14	15.5	1.1	2.2	1.5±0.3
25	25±0.5	38±1	19±0.2	12.5±0.2	2	8.5	0.6	9.5	10.7	1	2	1.2±0.3
16	16±0.4	24±0.6	8±0.2	8±0.2	1.9	5.1	0.5	5	6	0.9	1.8	1±0.2

表35-91 碳钢、不锈钢矩鞍环填料尺寸 /mm

类 型	内弧间距 D_1	外弧间距 D_2	宽 度 B_1	高 度 H_1		壁 厚 δ	
				碳 钢	不锈钢	碳 钢	不锈钢
25#	25±0.70	28±0.84	15±0.70	28.5±0.84	28.1±0.84	0.5±0.05	0.3±0.05
38#	38±1.0	42±1.0	16.5±0.84	42.2±1.0	41.8±1.0	0.6±0.07	0.4±0.05
50#	50±1.0	55±1.0	29±0.84	52.1±1.0	51.5±1.0	0.8±0.07	0.5±0.05
70#	70±1.2	76.5±1.2	35.5±1.0	76±1.2	75.2±1.2	1.0±0.1	0.6±0.07

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-92 碳钢、不锈钢矩鞍填料几何特性参数

类型	填料尺寸 $D_1\times B_1\times\delta$ /mm		堆积个数 n/m^{-3}	堆积密度 γ_p /(kg/m^3)		比表面积 a /(m^2/m^3)		孔隙率 ε /(m^3/m^3)		干填料因子 a/ε^3 /m^{-1}	
	碳钢	不锈钢		碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢
25#	25×15×0.5	25×15×0.3	87720	314	188	179	171	0.960	0.976	202	184
38#	38×16.5×0.6	38×16.5×0.4	38160	267	181	127	123	0.966	0.977	141	132
50#	50×29×0.8	50×29×0.5	11310	228	141	82	79	0.971	0.982	90	83
70#	70×35.5×0.6	70×35.5×0.6	4250	197	118	57	55	0.975	0.985	61	58

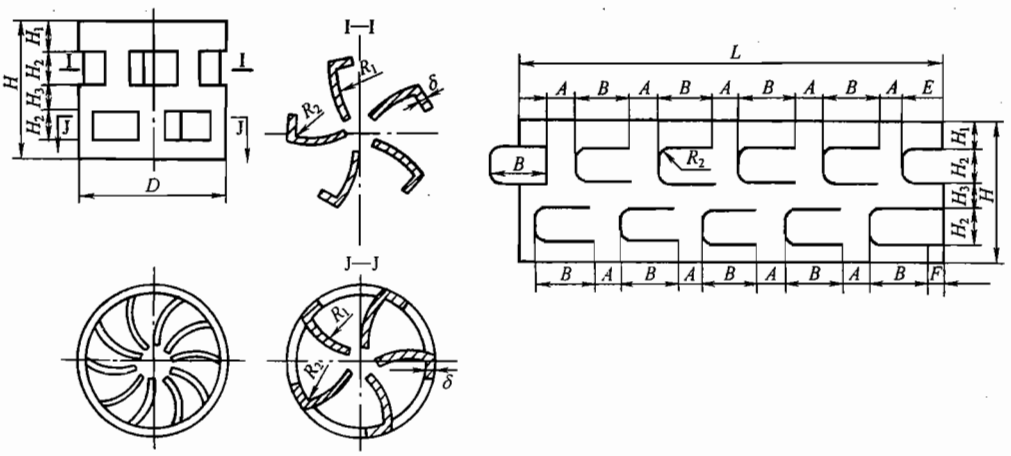


图 35-78 碳钢、不锈钢鲍尔环

表 35-93 碳钢、不锈钢鲍尔环尺寸 /mm

公称直径	D	B	A	E	H_1	H_2	H_3	F	R_1	R_2	δ		L	H	圆度 ≤
											PRCS	PRSS			
*DN*16	16±0.4	5.4	4.0	2.7	3.0	3.5	3	2.0	4	0.5	0.4±0.05	0.3±0.05	235	16±0.3	0.4
*DN*25	25±0.4	10.5	4.7	5.4	4.5	6.0	4	2.5	6	1.0	0.6±0.06	0.2±0.05	154	25±0.3	0.4
*DN*38	38±0.5	17.5	5.7	9.4	7.0	8.0	8	3.5	10	1.5	0.8±0.07	0.6±0.07	117	38±0.4	0.5
*DN*50	50±0.5	22.5	8.3	11.5	9.0	12.0	8	4.4	12	2	1.0±0.09	0.8±0.07	77	50±0.4	0.5
*DN*76	76±0.7	35.5	11.7	18.5	14.0	16.0	16	6.6	20	2	1.5±0.10	1.2±0.01	49	76±0.5	0.7

表 35-94 碳钢、不锈钢鲍尔环填料几何特性参数

直径 D /mm	填料尺寸 $D\times H\times\delta$ /mm		堆积个数 n/m^{-3}	堆积密度 γ_p /(kg/m^3)		比表面积 a /(m^2/m^3)		孔隙率 ε /(m^3/m^3)		干填料因子 a/ε^3 /m^{-1}	
	碳钢	不锈钢		碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢
16	16×16×0.4	16×16×0.3	214000	527	396	371	362	0.933	0.949	457	423
25	25×25×0.6	25×25×0.5	51940	471	393	223	219	0.940	0.950	268	255
38	38×38×0.8	38×38×0.6	15180	424	318	149	146	0.946	0.959	176	165
50	50×50×1.0	50×50×0.8	6500	393	314	110	109	0.950	0.960	128	124
76	76×76×1.5	76×76×1.2	1830	384	308	72	71	0.951	0.961	84	80

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-95 聚丙烯、玻纤增强聚丙烯鲍尔环尺寸 /mm

公称直径	D	H_1	H_2	H_3	B	H	δ	E	F	椭圆度≤
$DN16$	16±0.4	3	3.5	3	4	16±0.3	0.8±0.1	—	—	0.4
$DN25$	25±0.5	5	5	5	5	25±0.3	1.2±0.1	—	—	0.5
$DN38$	38±0.6	7	8	8	7	38±0.4	1.4±0.2	—	—	0.6
$DN50$	50±0.6	10	10	10	9	50±0.4	1.5±0.2	2	7	0.6
$DN76$	76±0.7	14	16	16	14	76±0.5	2.6±0.3	4	14	0.7

表 35-96 聚丙烯、玻纤增强聚丙烯鲍尔环填料几何特性参数

直径 D /mm	填料尺寸 $D\times H\times\delta$ /mm	堆积个数 n /m^{-3}	堆积密度 γ_p/(kg/m^3)		比表面积 a /(m^2/m^3)	孔隙率 ε /(m^3/m^3)	干填料因子 a/ε^3 /m^{-1}
			聚丙烯	玻纤增强聚丙烯			
16	16×16×0.8	177600	91	97	274	0.900	376
25	25×25×1.2	48300	85	90	213	0.907	285
38	38×38×1.4	15800	82	87	151	0.910	200
50	50×50×1.5	6300	76	81	100	0.917	130
76	76×76×2.6	1830	73	78	72	0.920	92

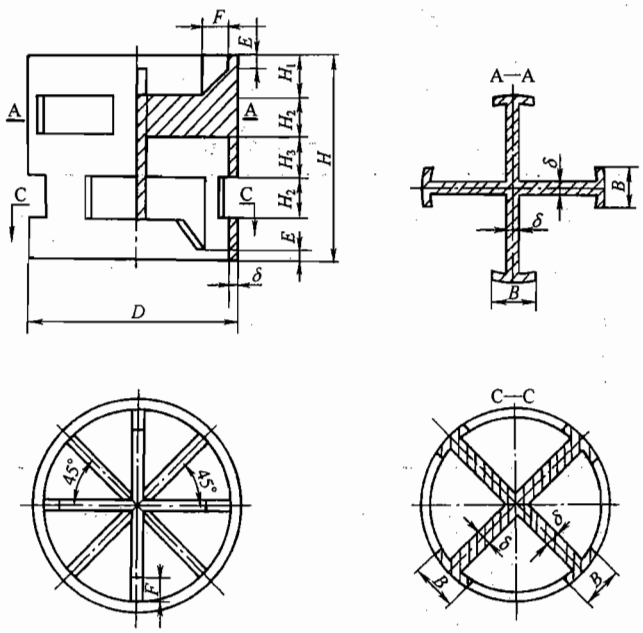


图 35-79 聚丙烯、玻纤增强聚丙烯鲍尔环

(3) 阶梯环

碳钢阶梯环填料（HG/T 21557.1—1995）及不锈钢阶梯环填料（HG/T 21557.2—1995）结构见图35-80，规格尺寸见表35-97，特性参数见表35-98。塑料（可采用聚丙烯、氯化聚氯乙烯、聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯等材料）阶梯环填料（HG/T 21557.3—2006）结构，当 $DN100$ 和 $DN76$ 见图35-81，$DN50$、$DN38$ 和 $DN25$ 见图35-82，$DN16$ 见图35-83，规格尺寸见表35-99，聚丙烯阶梯环特性参数见表35-100。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

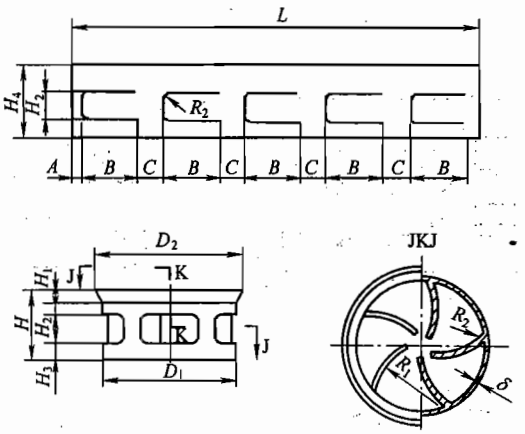


图 35-80 碳钢、不锈钢阶梯环

表 35-97 碳钢、不锈钢阶梯环尺寸 /mm

公称直径	H	H_1	H_2	H_3	H_4	D_2	D_1	A	B	C	R_1	R_2	δ	
													CRCS	CRSS
DN76	38±0.5	7.5	16.5	8.5	39.2	85±0.7	76±0.7	7	36	11.5	20	3.0	1.5	1.2
DN50	25±0.3	5	11	5.5	25.8	56±0.5	50±0.5	6	23	7.5	12	2.0	1.0	0.8
DN38	19±0.3	4	8	4.5	19.6	42.5±0.5	38±0.5	5	17.5	5.5	10	1.5	0.8	0.6
DN25	12.5±0.2	2.5	5.5	3	12.9	28±0.4	25±0.4	3	11	4.5	6	1.0	0.6	0.5

表 35-98 碳钢、不锈钢阶梯环填料几何特性参数

直径 D	填料尺寸 $D\times H\times\delta$ /mm		堆积个数 n/m^{-3}	堆积密度 γ_p /(kg/m³)		比表面积 a /(m²/m³)		孔隙率 ε /(m³/m³)		干填料因子 a/ε^3 /m⁻¹	
	碳钢	不锈钢		碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢	碳钢	不锈钢
DN25	25×12.5×0.6	25×12.5×0.5	98120	459	383	222	221	0.942	0.951	266	257
DN38	38×19×0.8	38×19×0.6	30040	433	325	154	153	0.945	0.959	183	173
DN50	50×25×1.0	50×25×0.8	12340	385	308	111	109	0.951	0.961	129	123
DN76	76×38×1.5	76×38×1.2	3540	385	306	72	72	0.951	0.961	84	81

表 35-99 塑料阶梯环填料规格尺寸及允许偏差 /mm

公称直径	D_1	D_2	δ_1	δ_2	H	H_1	H_2	H_3	A	B	C	h_1	h_2	l_1	l_2	T
100	118±0.6	100±0.6	3.2±0.3	2.7±0.3	50±0.5	8.5	9.5	10	13.5	10	11	9.5	7	10	10	10
76	88±0.6	76±0.6	2.6±0.3	2.4±0.3	38±0.5	7.5	7	7.5	10	8.5	11	3.5	5	6	9	7
50	58±0.5	50±0.5	1.5±0.2	1.5±0.2	25±0.3	6	9.5	6.5	3.5	6.5	6.5	2.5	2.5	4	4	5.5
38	44±0.4	38±0.4	1.4±0.2	1.4±0.2	19±0.3	4	7.5	5.5	3	5	5	2	2	4	4	4
25	29±0.3	25±0.3	1.2±0.2	1.2±0.2	12.5±0.2	3	5	3.5	2	3	3	1.5	1.5	3	3	3
16	19±0.2	16±0.2	1±0.1	1±0.1	8±0.2	2	3	2	1	2	2	—	—	—	—	2.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

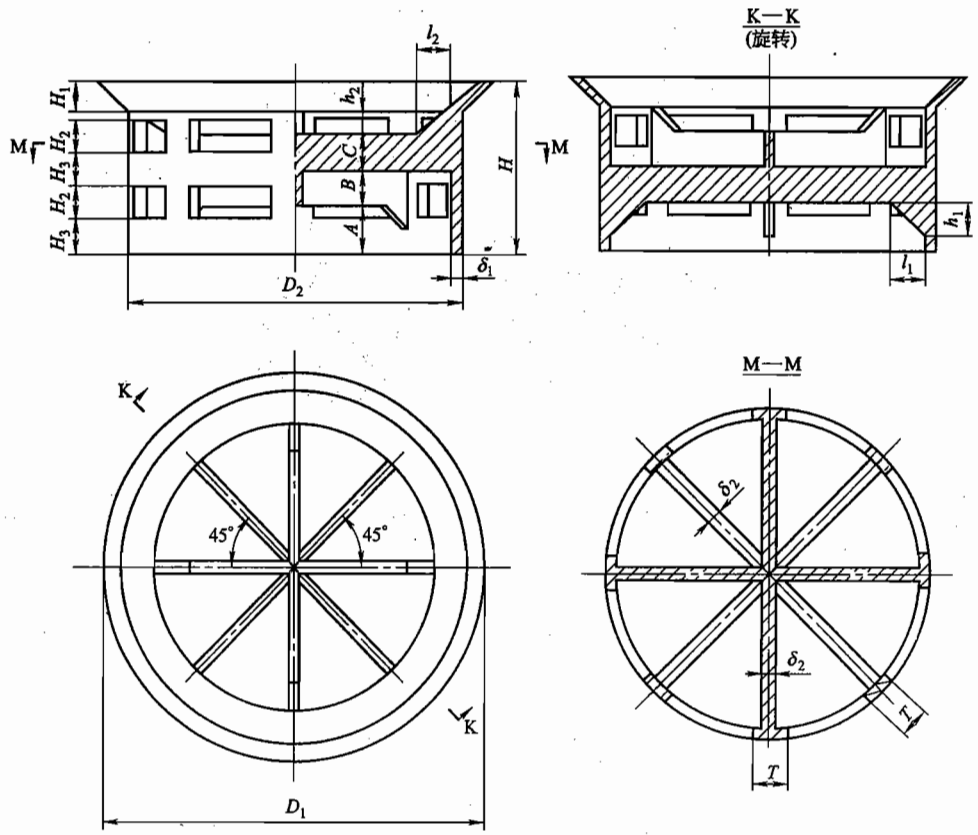


图 35-81 塑料阶梯环填料（*DN*100 和 *DN*76）

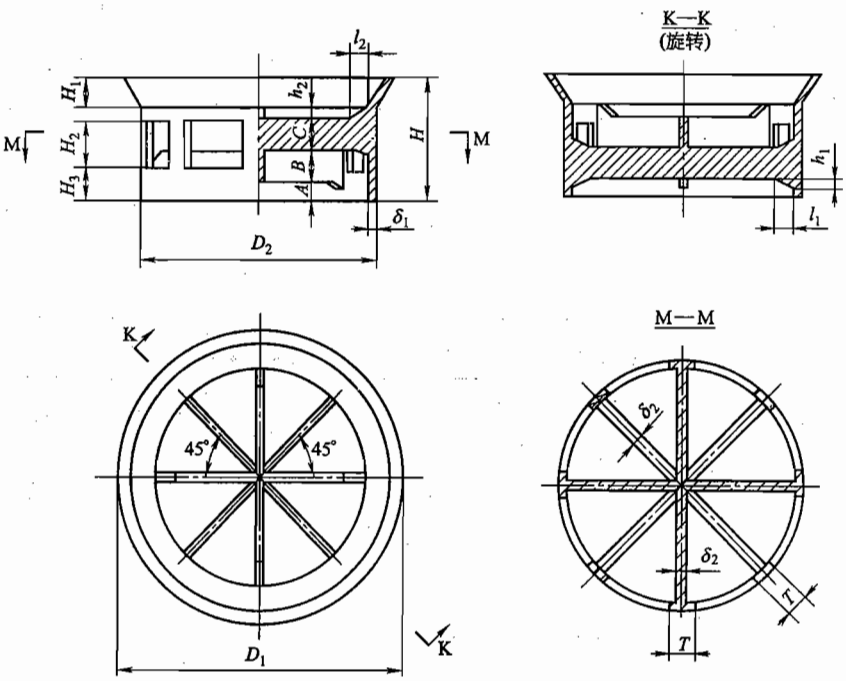


图 35-82 塑料阶梯环填料（*DN*50、*DN*38 和 *DN*25）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

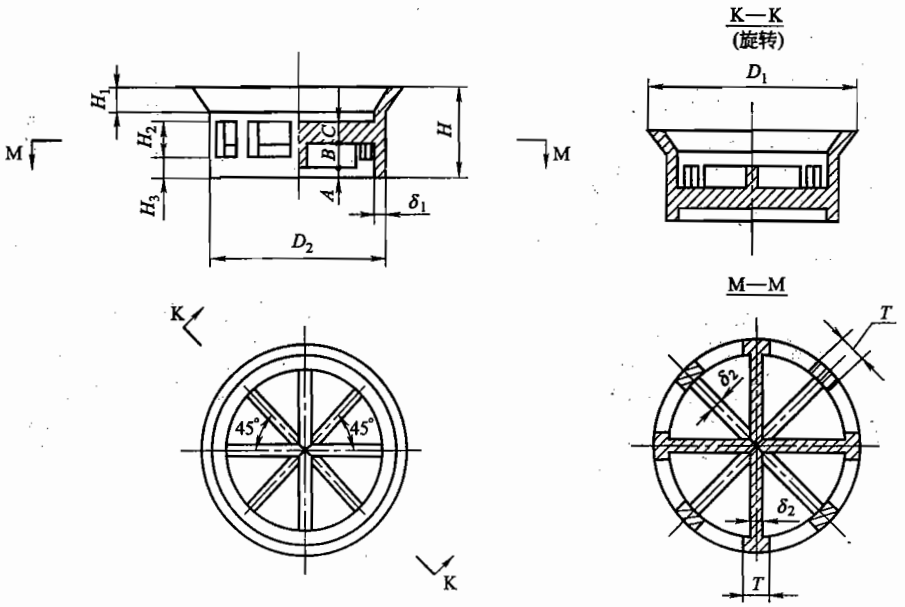


图 35-83 塑料阶梯环填料（*DN*16）

表 35-100 聚丙烯阶梯环（CRPP）填料的特性参数

公称直径 *DN* /mm	直径×高度×壁厚 $D_2\times H\times\delta_1$ /mm	堆积个数 n /m^{-3}	堆积密度 γ_p /(kg/m^3)	空隙率 ε /(m^3/m^3)	比表面积 a /(m^2/m^3)	干填料因子 a/ε^3 /m^{-1}
100	100×50×3.2	1960	65.9	0.920	80.9	101.2
76	76×38×2.6	3420	63.3	0.930	83.7	104.1
50	50×25×1.5	12000	61.6	0.932	121.3	149.8
38	38×19×1.4	29000	62.4	0.931	171.8	212.9
25	25×12.5×1.2	81500	81.5	0.910	214.1	284.1
16	16×8×1.0	297000	133.7	0.853	346.2	557.8

注：聚丙烯的真密度按 910kg/m^3 计算。

(4) 波纹填料

不锈钢网孔板波纹填料（HG/T 21559.1—1995）分Ⅰ、Ⅱ型，其形状见图 35-84，结构尺寸及特性参数见表 35-101，填料尺寸见表 35-102。

可根据不同的耐腐蚀要求选用不同的材料。

表 35-101 结构尺寸及特性参数

项目	Ⅰ型	Ⅱ型
峰高 h/mm	4.5±0.1	6.5±0.1
波距 $2B$/mm	8.4±0.1	12.0±0.1
倾角 θ/(°)	45±1	30±1
齿形角 β/(°)	86±1	85±1
板片厚 δ/mm	0.1	0.1
比表面积 a/(m^2/m^3)	651	454
孔隙率 ε_p/%	97.6	98.6
堆积密度 γ_p/(kg/m^3)	165	110

表 35-102 不锈钢网孔板波纹填料尺寸

盘高 H /mm	箍的根数	箍 宽/mm		
		上箍 h_1	中箍 h_1	下箍 $h_2+\Delta$
40	2	18	—	18
50 60 70	2	25	—	25
80 90 100	2	35	—	35
110 120	2	40	—	40
130 140 150	3	35	35	35
160 170 180	3	35	35	35
190 200	3	40	40	40

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

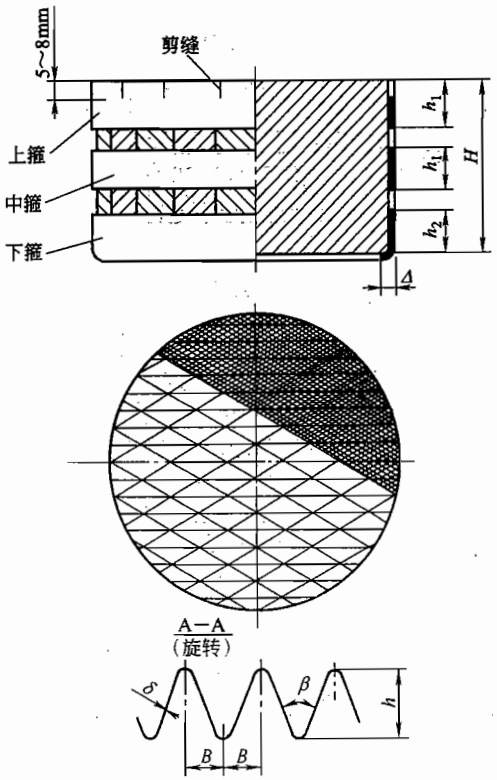


图 35-84 不锈钢网孔板波纹填料

不锈钢孔板波纹填料（HG/T 21559.2—2005）分P125Ⅰ、P125Ⅱ、P250Ⅰ、P250Ⅱ、P350Ⅰ、P350Ⅱ、P500Ⅰ、P500Ⅱ型，其形状见图 35-85，结构尺寸及特性参数见表 35-103，填料尺寸见表 35-104。

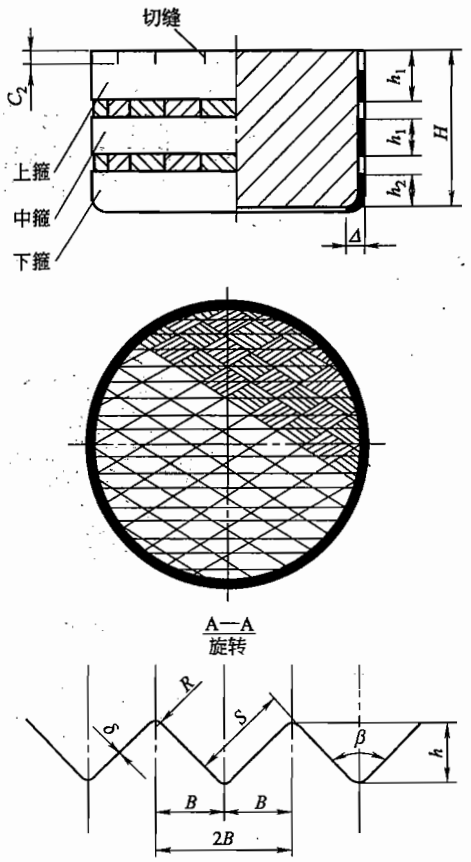


图 35-85 不锈钢孔板波纹填料

塔径＜ϕ400mm C_2=3～8mm；ϕ400～900mm C_2=6～12mm；＞ϕ900～3000mm C_2=9～16mm；＞ϕ3000mm C_2=12～24mm

表 35-103 结构尺寸及特性参数

项目		P125Ⅰ	P125Ⅱ	P250Ⅰ	P250Ⅱ	P350Ⅰ	P350Ⅱ	P500Ⅰ	P500Ⅱ
峰高 h/mm		24.0±0.2		11.5±0.1		8.4±0.1		6.0±0.06	
波纹倾角 θ/(°)		30^{+3}_{0}	45^{-3}_{0}	30^{+3}_{0}	45^{-3}_{0}	30^{+3}_{0}	45^{-3}_{0}	30^{+3}_{0}	45^{-3}_{0}
波距 $2B$/mm		39.6±0.2		19±0.1		14±0.08		9.9±0.06	
齿形角 β/(°)		79.0±0.1		79.1±1		79.6±1		79.0±1	
公称比表面积 a/(m²/m³)		130.9		273.0		371.9		523.6	
考虑 R 影响的比表面积 a_1/(m²/m³)		133.0		279.4		379.3		531.8	
孔隙率 ε/%	板厚 δ=0.25mm	98.4		96.6		95.4		93.5	
	板厚 δ=0.17mm	98.9		97.7		96.8		95.6	
	板厚 δ=0.10mm	99.3		98.6		98.1		97.4	
板上小孔直径 d_0/mm		4.5		4.5		4.0		4.0	
板上小孔开孔率 σ/%		8.5～9.5		8.5～9.5		9.0～10.0		9.0～10.0	
齿形角顶端圆角曲率 $4R$		≤2.0		≤1.4		≤0.9		≤0.5	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-104 不锈钢孔板波纹填料尺寸

盘高 H/mm	箍的根数	箍宽/mm		
		上箍 h_1	中箍 h_1	下箍 $h_2+\Delta$
40	2	18	—	20
50 60 70	2	25	—	28
80 90 100 110 120 130 140	2	35	—	40
150 160 170 180 190	2	35	—	45
200	3	35	30	45
250	3	40	35	45

不锈钢孔板波纹填料（HG/T 21559.3—2005）分W250、W500、W700型，其形状见图35-86，结构尺寸及特性参数见表35-105，填料尺寸见表35-106。

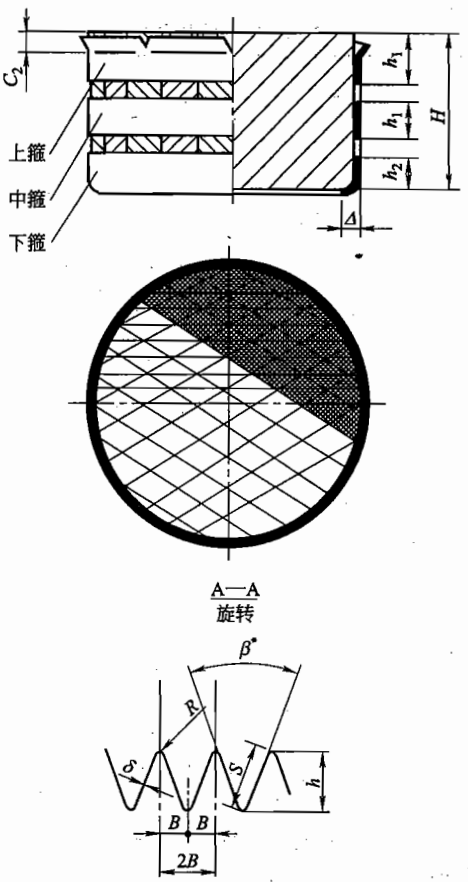


图 35-86 不锈钢丝网波纹填料

塔径<ϕ400mm C_2=3～8mm；ϕ400～900mm C_2=6～12mm；>ϕ900～3000mm C_2=9～16mm；>ϕ3000mm C_2=12～24mm

表 35-105 结构尺寸及特性参数

序号	项目		单位	W250	W500	W700
1	峰高 h		mm	13.2±0.14	6.2±0.07	4.5±0.05
2	波距 $2B$		mm	20.2±0.14	10.2±0.07	7.2±0.05
3	波纹倾角 θ		度	30^{+3}_{0}	30^{+3}_{0}	45^{-3}_{0}
4	齿形角 β^*		度	74.8±1	78.9±1	77.3±1
5	公称比表面积 a^*		m^2/m^3	249.3	507.9	711.4
6	考虑 R 影响的比表面积 $a_1{}^*$		m^2/m^3	253.3	515.0	727.4
7	丝径 δ 0.18mm	目数 N	目	55.22	55.22	55.22
		空隙率 ε^*	%	97.8	95.4	93.6
8	丝径 δ 0.16mm	目数 N	目	61.59	61.59	61.59
		空隙率 ε^*	%	98.0	96.0	94.3
9	丝径 δ 0.14mm	目数 N	目	65.12	65.12	65.12
		空隙率 ε^*	%	98.3	96.4	95.0
10	齿形角顶端圆角曲率半径 R		mm	≤1	≤0.5	≤0.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-106 填料尺寸

盘高 H/mm	箍的根数	箍宽/mm		
		上箍 h_1	中箍 h_1	下箍 $h_2+\Delta$
40	2	18	—	20
50 60 70	2	25	—	28
80 90 100	2	35	—	40
110 120 130 140	2	40	—	45
150 160 170 180	3	35	30	45
190 200	3	40	30	45

5.1.4 丝网除沫器

丝网除沫器用于分离塔中气体夹带的液滴，以保证传质效率，降低有价值物料的损失和改善塔后压缩机的操作。一般多在塔顶设置丝网除沫器。塔盘间若设置除沫器，不仅可保证塔盘的传质效率，还可以减小板间距。丝网除沫器主要用于气液分离，但亦可作为空气过滤器用于气固分离。此外，丝网还可以用作仪表工业中各类仪器的缓冲器，防止电波干涉的电子屏蔽器等。

(1) 丝网

丝网分为标准型丝网（见图 35-87）、高效型丝网（见图 35-88）和高穿透型丝网（见图 35-89），丝网的技术特性见表 35-107。

(2) 丝网除沫器（HG/T 21618—1998）

本标准适用于气液分离，分离气体中夹带的液滴直径大于 3～5μm 的雾沫。

① 结构型式 丝网除沫器由气液过滤网垫和支承件两部分构成（见图 35-90）。上装式丝网除沫器见图 35-91，下装式丝网除沫器见图 35-92。

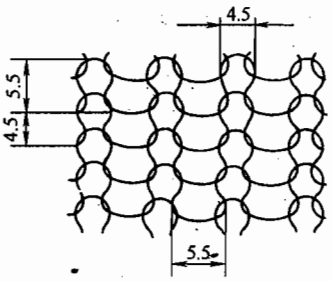


图 35-87 标准型丝网

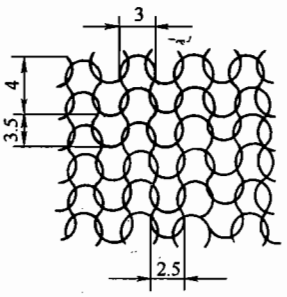


图 35-88 高效型丝网

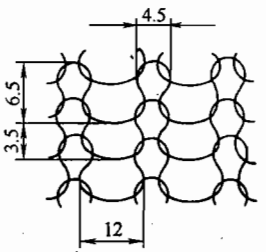


图 35-89 高穿透型丝网

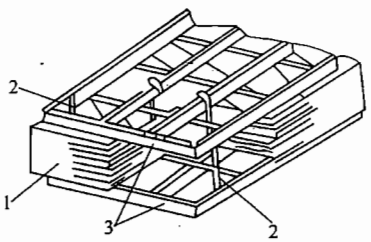


图 35-90 丝网除沫器

1—丝网；2—定距杆；3—格栅

表 35-107 丝网的技术特性

丝网型式	细丝尺寸 d_w/mm		网宽允差/mm	容积密度 ρ/(kg/m³)	比表面积 a/(m²/m³)		空隙率 ε	每 100mm 厚的网垫
	扁 丝	圆丝直径			扁 丝	圆 丝		
标准	0.1×0.4	0.23	±20	150	475	330	0.981	25 层双幅丝网
高效	0.1×0.28	0.19		182	626	484	0.977	32 层双幅丝网
高穿透	0.1×0.4	0.23		98	313	217	0.9875	20 层双幅丝网

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

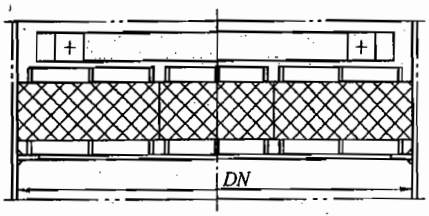


图 35-91 上装式丝网除沫器

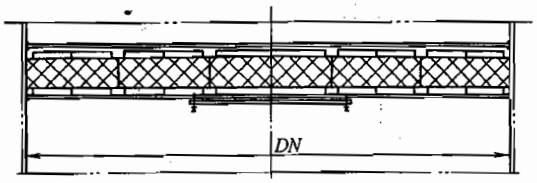


图 35-92 下装式丝网除沫器

② 基本参数见表 35-108。

③ 主要结构尺寸 各种公称直径的上装式丝网除沫器，其结构型式见图 35-93～图 35-97，规格尺寸见表 35-109；下装式丝网除沫器结构型式见图 35-98～图 35-100，规格尺寸见表 35-110。

表 35-108 丝网除沫器基本参数

型式代号	容积质量 /(kg/m³)	比表面积 /(m²/m³)	空隙率 ε
SP	168	529.6	0.9788
HP	128	403.5	0.9839
DP	186	625.5	0.9765
HR	134	291.6	0.9832

注：1. 可采用其他型式的气液过滤网，如非金属网、多股金属丝网、金属丝与非金属丝交织网等，其参数及性能可向专业除沫器制造厂查询。

2. 表中所列气液过滤网容积重量数据系按密度 7930kg/m³ 得到，如采用其他材料，此数据亦应相应修正。

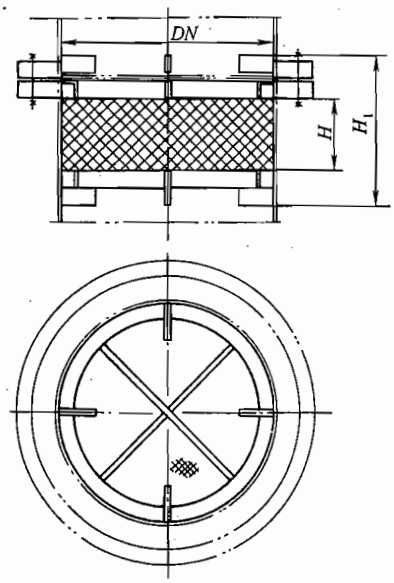
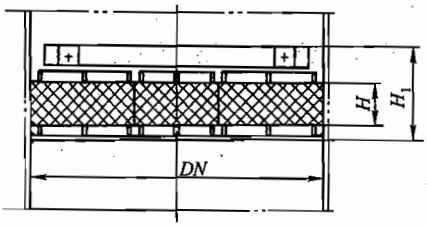


图 35-93 上装式丝网除沫器(*DN*300～600)

④ 材料 丝网除沫器的网块、格栅材料见表 35-111。



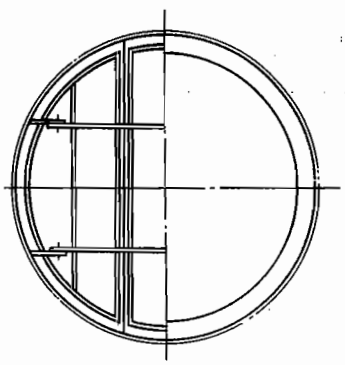
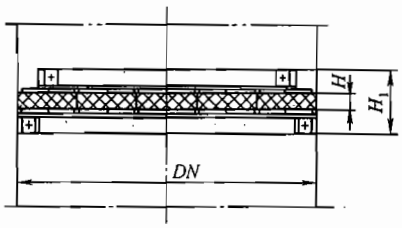


图 35-94 上装式丝网除沫器
(*DN*700～1600)



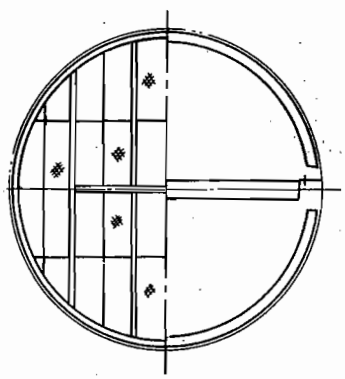


图 35-95 上装式丝网除沫器
(*DN*1700～3200)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

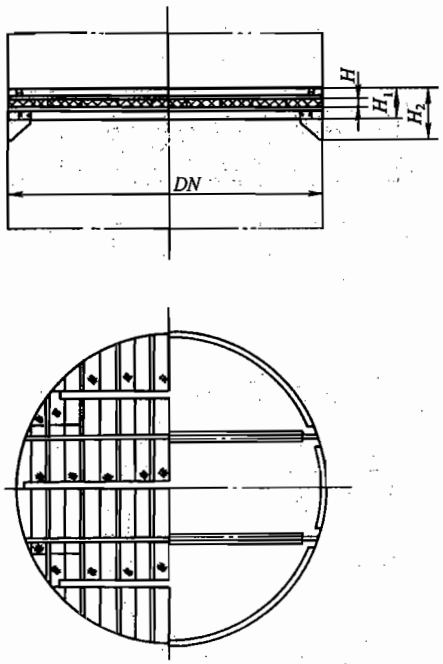


图 35-96 上装式丝网除沫器
(*DN*3400～4800)

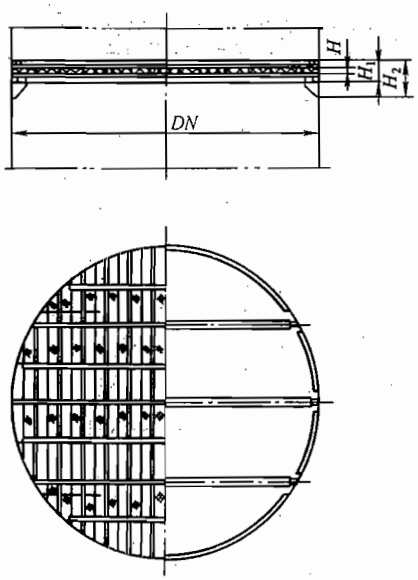


图 35-97 上装式丝网除沫器
(*DN*5000～5200)

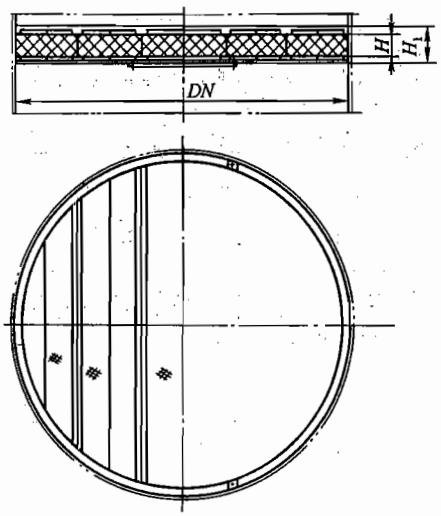


图 35-98 下装式丝网除沫器(*DN*700～1600)

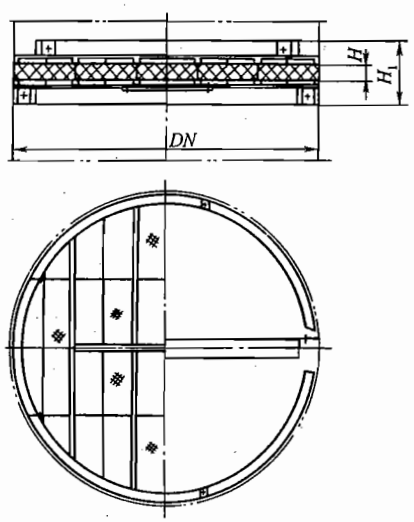


图 35-99 下装式丝网除沫器(*DN*1700～3200)

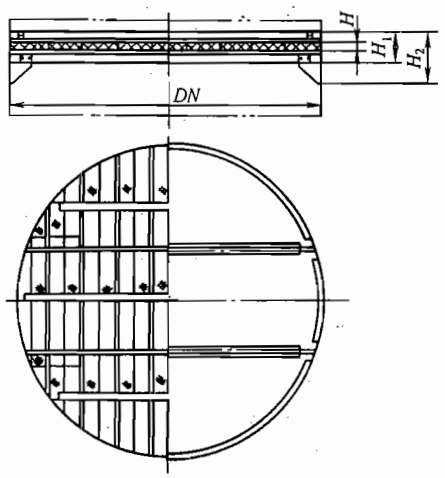


图 35-100 下装式丝网除沫器(*DN*3400～4600)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-109　上装式丝网除沫器主要尺寸

公称直径 DN/mm	主要外形尺寸/mm				质量/kg	公称直径 DN/mm	主要外形尺寸/mm				质量/kg
	H	H_1	H_2	D			H	H_1	H_2	D	
300	100	210		300	2.9	2000	100	360		1900	176
	150	260			3.5		150	410			204
400	100	210		400	4.3	2200	100	360		2100	208
	150	260			5.3		150	410			242
500	100	210		500	5.9	2400	100	360		2300	240
	150	260			7.4		150	410			281
600	100	210		600	7.7	2600	100	360		2500	267
	150	260			9.7		150	410			313
700	100	218		620	23.0	2800	100	385		2700	330
	150	268			26.1		150	435			383
800	100	218		720	27.2	3000	100	385		2900	369
	150	268			31.8		150	435			431
900	100	218		820	33.5	3200	100	385		3100	408
	150	268			39.2		150	435			478
1000	100	218		920	38.2	3400	100	350	600	3280	594
	150	268			45.3		150	400	650		673
1100	100	218		1020	43.4	3600	100	350	600	3480	629
	150	268			51.7		150	400	650		718
1200	100	218		1120	49.6	3800	100	350	600	3680	682
	150	268			59.9		150	400	650		783
1300	100	228		1220	64.8	4000	100	350	600	3880	737
	150	278			76.6		150	400	650		845
1400	100	228		1320	71.6	4200	100	350	600	4080	787
	150	278			85.2		150	400	650		910
1500	100	228		1420	79.6	4400	100	350	600	4280	835
	150	278			95.1		150	400	650		969
1600	100	228		1520	88.3	4600	100	350	600	4480	910
	150	278			105.6		150	400	650		1055
1700	100	360		1600	141	4800	100	350	600	4680	967
	150	410			156		150	400	650		1124
1800	100	360		1700	151	5000	100	350	600	4880	1153
	150	410			174		150	400	650		1324
1900	100	360		1800	164	5200	100	350	600	5080	1216
	150	410			189		150	400	650		1401

注：1. 公称直径范围以外的规格，与制造商协商。

2. D 为丝网除沫器的有效直径，根据支承件的结构确定。

3. 丝网的质量系 SP 型气液过滤网网块的质量，如采用其他型式的气液过滤网，此值应进行调整。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-110 下装式丝网除沫器主要尺寸

公称直径 DN/mm	主要外形尺寸/mm			质量/kg	公称直径 DN/mm	主要外形尺寸/mm				质量/kg
	H	H_1	D			H	H_1	H_2	D	
700	100	176	620	23.8	2200	100	370		2100	239
	150	226		29.9		150	420			273
800	100	176	720	31.9	2400	100	370		2300	273
	150	226		36.5		150	420			314
900	100	176	820	38.6	2600	100	370		2500	302
	150	226		44.3		150	420			348
1000	100	176	920	43.9	2800	100	395		2700	368
	150	226		50.9		150	445			426
1100	100	176	1020	49.5	3000	100	395		2900	379
	150	226		57.8		150	445			471
1200	100	176	1120	56	3200	100	395		3100	450
	150	226		66.2		150	445			520
1300	100	176	1220	68.4	3400	100	350	600	3280	651
	150	226		80.2		150	400	650		730
1400	100	176	1320	75.1	3600	100	350	600	3480	686
	150	226		88.7		150	400	650		775
1500	100	176	1420	82.9	3800	100	350	600	3680	742
	150	226		98.5		150	400	650		843
1600	100	176	1520	91.8	4000	100	350	600	3880	820
	150	226		109.1		150	400	650		928
1700	100	370	1600	165	4200	100	350	600	4080	862
	150	420		180		150	400	650		885
1800	100	370	1700	177	4400	100	350	600	4280	904
	150	420		200		150	400	650		1038
1900	100	370	1800	190	4600	100	350	600	4480	982
	150	420		215		150	400	650		1127
2000	100	370	1900	204						
	150	420		232						

注：1. 公称直径范围以外的规格，与制造商协商。

2. D 为丝网除沫器的有效直径，根据支承件的结构确定。

3. 丝网的质量系 SP 型气液过滤网网块的质量，如采用其他型式的气液过滤网，此值应进行调整。

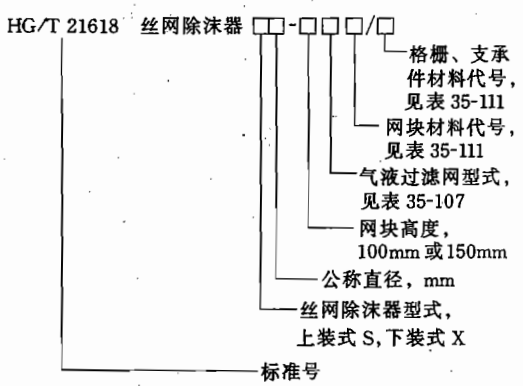
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-111 丝网除沫器的网块、格栅材料

网块材料		
材料	代号	标准号
Q235-A	Q235	GB/T 342
20	20	GB/T 3206
0Cr18Ni9	304	GB/T 4240
0Cr18Ni10Ti	321	
0Cr17Ni12Mo2	316	
00Cr19Ni11	304L	
00Cr17Ni14Mo2	316L	
RS-2	RS-2	厂商牌号
NS-80	NS-80	
NS-80A	NS-80A	
黄铜线	H68、H65、H62	GB/T 14954
锡青铜	QSn	GB/T 14956
镍	N4、N6、N7、N8	GB/T 3120
钛及钛合金	TA2、TA3、TC3、TC4	GB/T 3623
格栅材料		
材料	代号	标准号
Q235-A	Q235	GB 3274
20	20	GB 711
0Cr18Ni9	304	GB 4237
0Cr18Ni10Ti	321	
0Cr17Ni12Mo2	316	
00Cr19Ni11	304L	
00Cr17Ni14Mo2	316L	

注：亦可采用其他材料，但应在订货时注明。

⑤ 型号标记



标记示例如下。

例 1 DN=2000mm，H=150mm，过滤网型式为 SP 型，材料为 NS-80，格栅、支承件材料为 316 的上装式丝网除沫器，其标记为

HG/T 21618 丝网除沫器 S2000-150 SP NS-80/316

例 2 DN=4000mm，H=100mm，过滤网型式为 DP 型，材料为 316L，格栅、支承件材料为 304 的下装式丝网除沫器，其标记为

HG/T 21618 丝网除沫器 X4000-100 DP 316L/304

⑥ 丝网除沫器的设计计算

a. 操作气速 气体通过丝网的速度应选取适宜。气速过低，夹带的雾沫在气体中飘荡，未与丝网细丝碰撞就随着气流通过丝网而被气体带走；气速过高，聚集的液滴不易从丝网上落下，液体充满丝网，造成液泛，以致一度被捕集的液滴又飞溅起来，再次被气体携带出去，使分离效率急剧降低。

丝网除沫器的液泛气速（即丝网除沫器操作中的极限气速）按式（35-2）计算

$$v_f = K\sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}\ \text{m/s} \qquad (35\text{-}2)$$

式中 ρ_l——液滴的密度，kg/m³；

ρ_g——进口气体的密度，kg/m³；

K——气液过滤网常数，按表 35-112 选用。

表 35-112 气液过滤网常数 K

网型	K	网型	K
SP	0.201	DP	0.198
HP	0.233	HR	0.222

丝网除沫器的操作气速按式（35-3）计算

$$v_g = 0.50 \sim 0.80 v_f\ \text{m/s} \qquad (35\text{-}3)$$

b. 有效直径 处理气体所需的流通直径 D，按式（35-4）计算

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_g}}\ \text{m} \qquad (35\text{-}4)$$

式中 Q——气体处理量，m³；

v_g——操作气速，m/s。

根据计算的 D_1，按表 35-109 和表 35-110 中丝网除沫器的有效直径 D 值选取合适的丝网除沫器规格 DN，如果选取的丝网除沫器 DN 小于容器直径，可采用如图 35-101 和图 35-102 所示的结构进行安装。

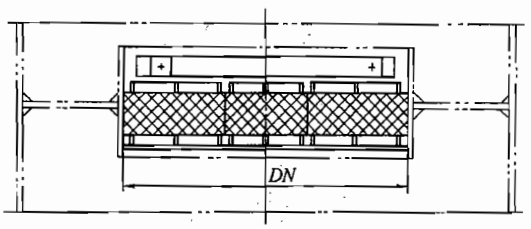


图 35-101 安装结构（一）

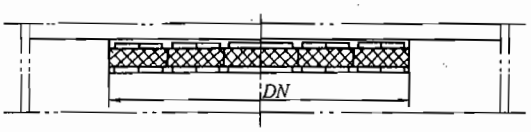


图 35-102 安装结构（二）

c. 压降 干燥气体通过丝网产生的压降，即干网压降，按图 35-103 计算；丝网中积聚了液滴后的总压降，即操作压降，按图 35-104 计算。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

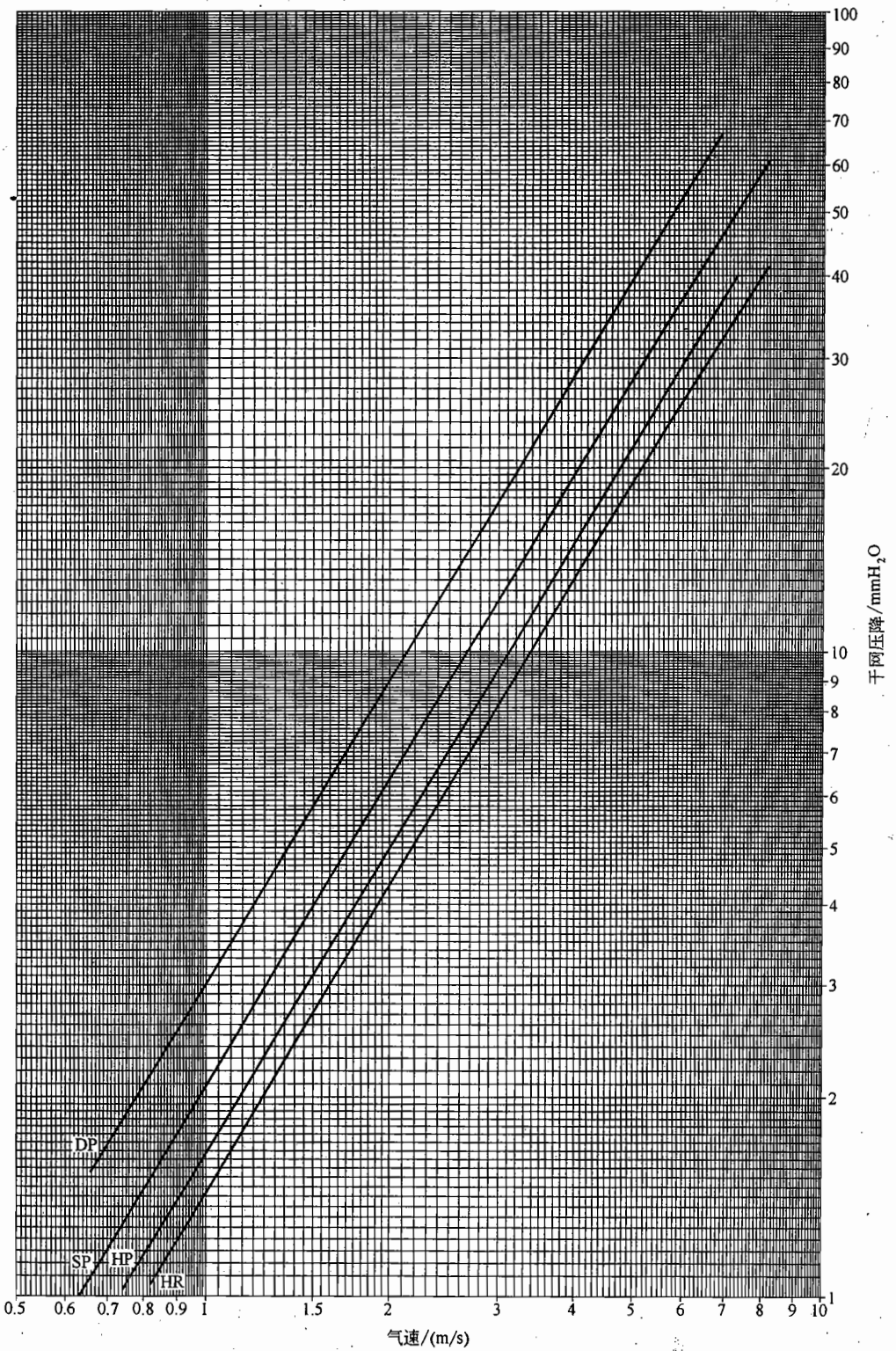


图 35-103 干网的压降-气速

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

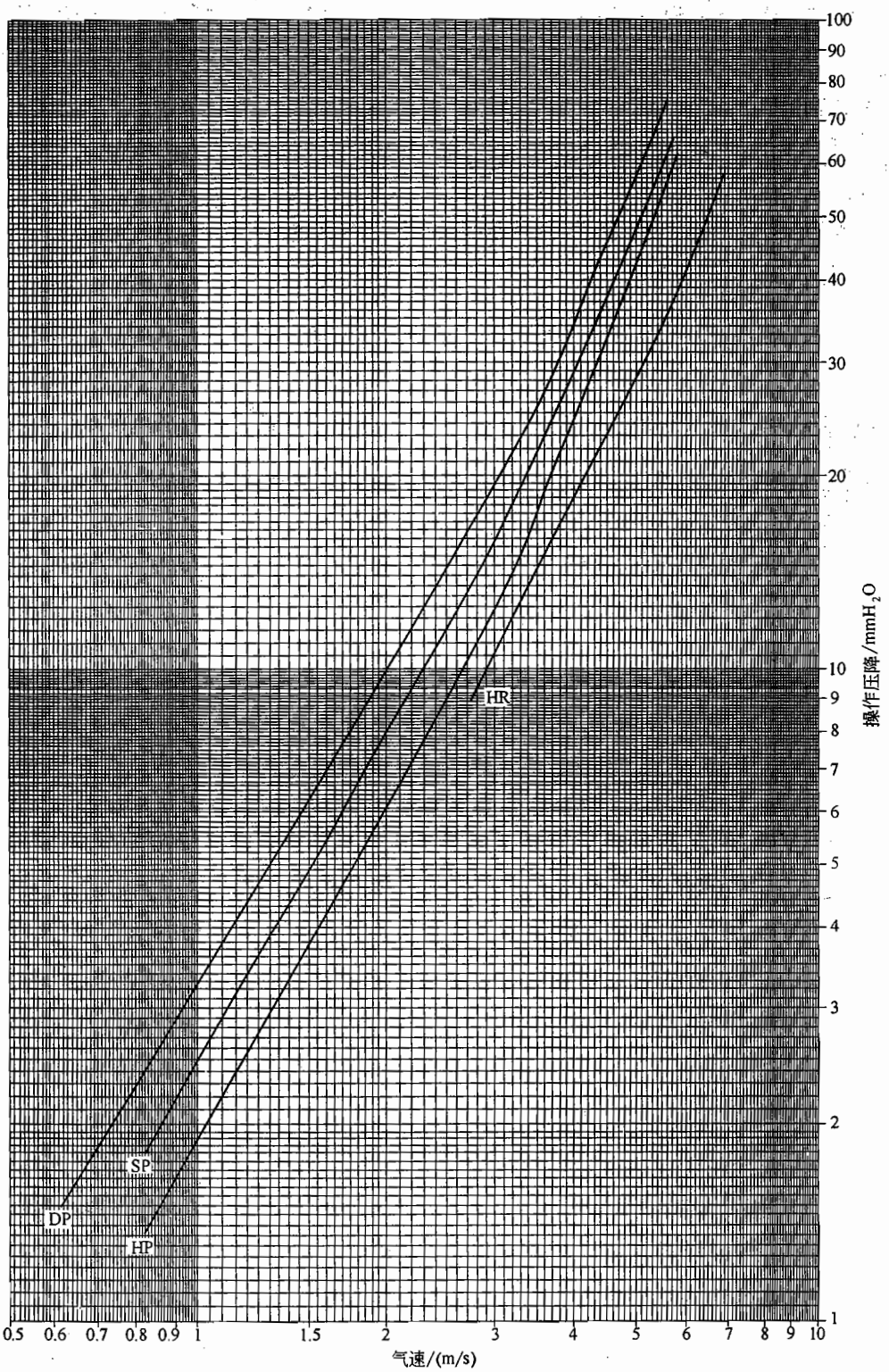


图 35-104 操作压降-气速

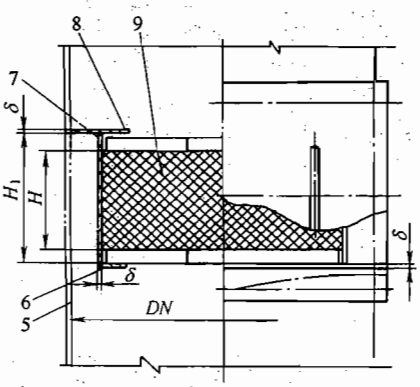
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 抽屉式丝网除沫器（HG/T 21586—1998）

本标准系列适用于除去气体夹带的雾沫，气速（按气体通过除沫器有效横截面积计）2.5～4.5m/s（对硫酸工业为3～4m/s），气体中雾沫粒径＞5μm，含雾沫浓度≤100g/m³。适用压力为常压，适用温度：不锈钢为不大于400℃；碳钢不大于300℃。

① 结构型式　抽屉式丝网除沫器由若干块长方形网块、定距杆及格栅组成（见图35-91），再装入具有导轨及封板的筒体内。

② 主要结构尺寸　各种公称直径的抽屉式丝网除沫器，其结构型式分别见图35-105～图35-111，规格尺寸见表35-113。



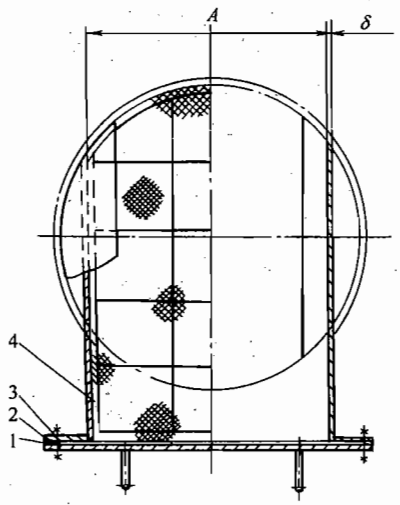


图35-105　抽屉式丝网除沫器（*DN*300～800）

1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—筒体；6—导轨；7—边导轨；8—封板；9—除沫器元件

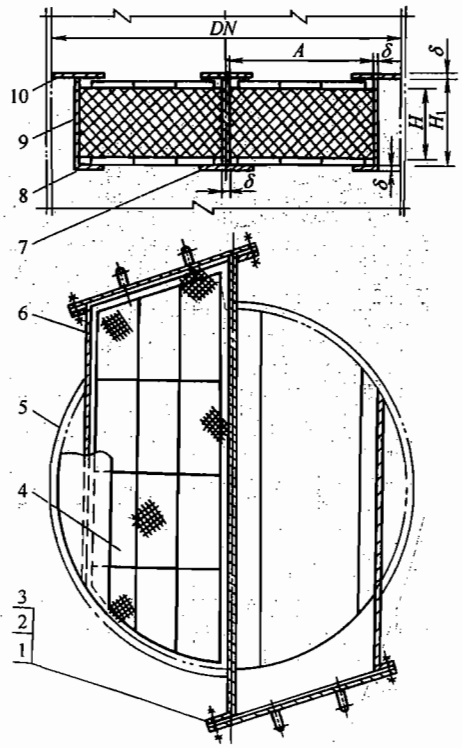


图35-106　抽屉式丝网除沫器（*DN*900～1400）

1—法兰；2—垫片；3—法兰盖；4—除沫器元件；5—筒体；6—抽屉接口；7—工字导轨；8—导轨；9—边导轨；10—封板

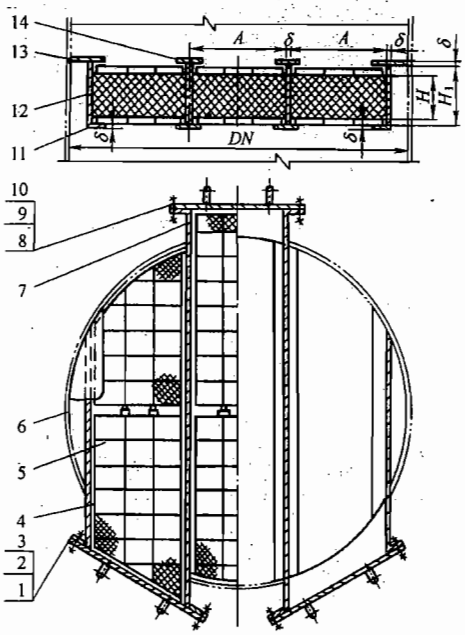


图35-107　抽屉式丝网除沫器（*DN*1600～2000）

1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—除沫器元件；6—筒体；7—抽屉接口；8—法兰盖；9—垫片；10—法兰；11—导轨；12—边导轨；13—封板；14—工字导轨

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

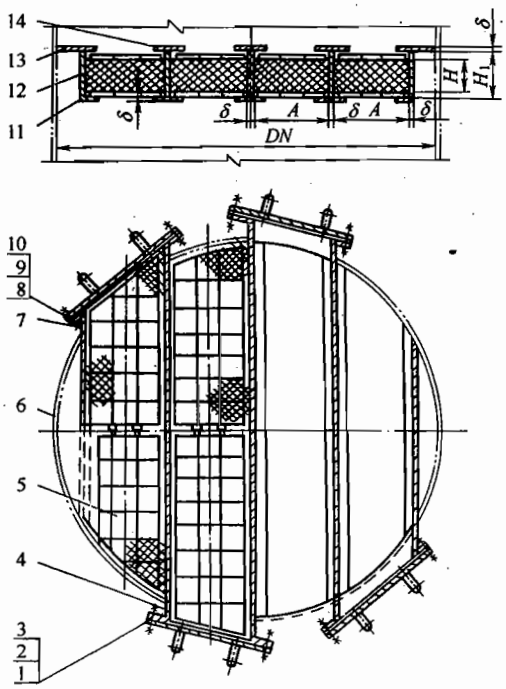


图 35-108 抽屉式丝网除沫器(*DN*2200～2600)
1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—除沫器元件；6—筒体；7—抽屉接口；8—法兰盖；9—垫片；10—法兰；11—导轨；12—边导轨；13—封板；14—工字导轨

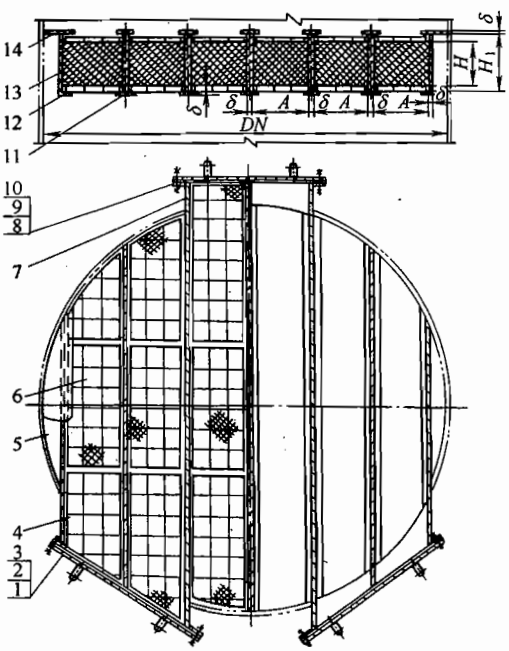


图 35-109 抽屉式丝网除沫器(*DN*2800～3600)
1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—筒体；6—除沫器元件；7—抽屉接口；8—法兰；9—垫片；10—法兰盖；11—工字导轨；12—导轨；13—边导轨；14—封板

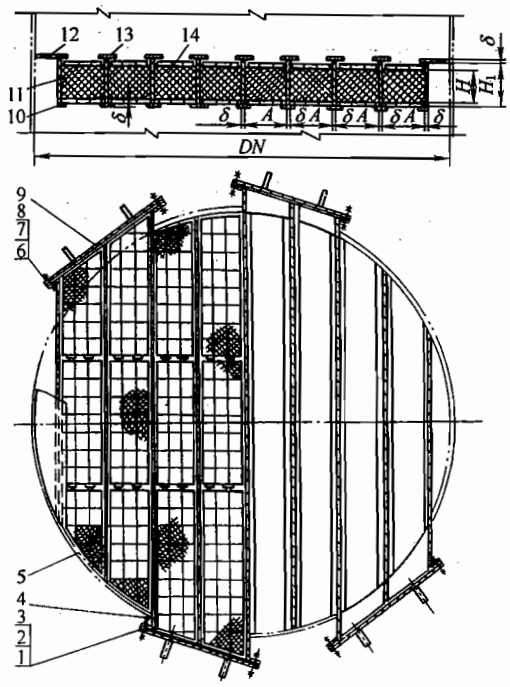


图 35-110 抽屉式丝网除沫器(*DN*3800～4200)
1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—筒体；6—法兰盖；7—垫片；8—法兰；9—抽屉接口；10—导轨；11—边导轨；12—封板；13—工字导轨；14—除沫器元件

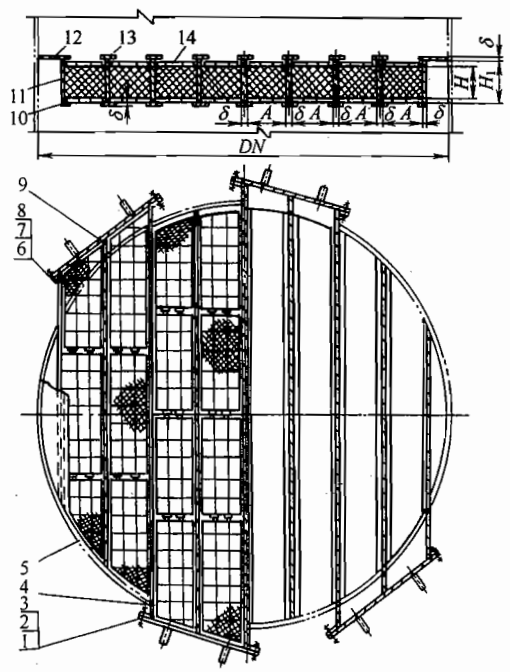


图 35-111 抽屉式丝网除沫器(*DN*4400～5000)
1—法兰盖；2—垫片；3—法兰；4—抽屉接口；5—筒体；6—法兰盖；7—垫片；8—法兰；9—抽屉接口；10—导轨；11—边导轨；12—封板；13—工字导轨；14—除沫器元件

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-113 抽屉式除沫器尺寸参数

公称直径 DN/mm	主要结构尺寸/mm				有效除沫面积 S/m²	分块数 N	标准号	质量[①] /kg
	H	H_1	A	δ				
300	100	160	200	6	0.04	1	HG/T 21586.01—1998	4.1
	150	210					HG/T 21586.29—1998	4.7
400	100	160	300	6	0.09	1	HG/T 21586.02—1998	5.9
	150	210					HG/T 21586.30—1998	6.8
500	100	160	400	6	0.15	1	HG/T 21586.03—1998	7.9
	150	210					HG/T 21586.31—1998	9.3
600	100	160	450	6	0.21	1	HG/T 21586.04—1998	11.2
	150	210					HG/T 21586.32—1998	13.3
700	100	160	500	6	0.27	1	HG/T 21586.05—1998	14.8
	150	210					HG/T 21586.33—1998	17.8
800	100	160	600	6	0.38	1	HG/T 21586.06—1998	17.3
	150	210					HG/T 21586.34—1998	21.3
900	100	160	380	8	0.47	2	HG/T 21586.07—1998	23.7
	150	210					HG/T 21586.35—1998	28.7
1000	100	160	400	8	0.57	2	HG/T 21586.08—1998	26.8
	150	210					HG/T 21586.36—1998	32.8
1200	100	160	470	8	0.83	2	HG/T 21586.09—1998	39.7
	150	210					HG/T 21586.37—1998	48.7
1400	100	160	550	8	1.17	2	HG/T 21586.10—1998	49.3
	150	210					HG/T 21586.38—1998	61.3
1600	100	160	450	8	1.56	3	HG/T 21586.11—1998	81.3
	150	210					HG/T 21586.39—1998	96.8
1800	100	160	490	10	1.98	3	HG/T 21586.12—1998	94.8
	150	210					HG/T 21586.40—1998	114.3
2000	100	160	560	10	2.54	3	HG/T 21586.13—1998	116.1
	150	210					HG/T 21586.41—1998	140.1
2200	100	160	470	10	2.94	4	HG/T 21586.14—1998	145.5
	150	210					HG/T 21586.42—1998	175

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

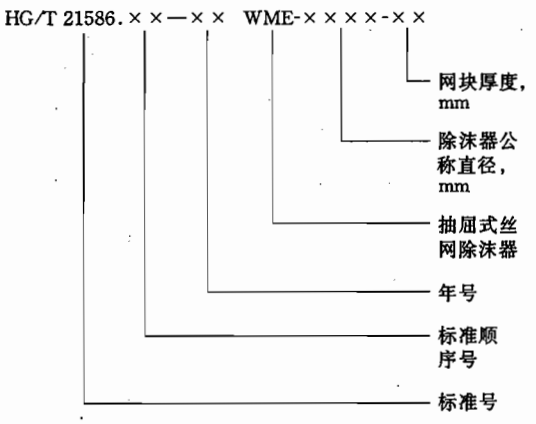
续表

公称直径 DN/mm	主要结构尺寸/mm				有效除沫面积 S/m^2	分块数 N	标准号	质量[①] /kg
	H	H_1	A	δ				
2400	100	160	510	10	3.57	4	HG/T 21586.15—1998	163.4
	150	210					HG/T 21586.43—1998	198
2600	100	160	550	10	4.21	4	HG/T 21586.16—1998	183.7
	150	210					HG/T 21586.44—1998	224.2
2800	100	160	400	12	4.60	6	HG/T 21586.17—1998	221
	150	210					HG/T 21586.45—1998	268
3000	100	160	430	12	5.38	6	HG/T 21586.18—1998	244
	150	210					HG/T 21586.46—1998	298
3200	100	160	470	12	6.33	6	HG/T 21586.19—1998	306
	150	210					HG/T 21586.47—1998	367.5
3400	100	160	500	12	7.24	6	HG/T 21586.20—1998	343
	150	210					HG/T 21586.48—1998	414
3600	100	160	530	12	8.23	6	HG/T 21586.21—1998	362
	150	210					HG/T 21586.49—1998	440
3800	100	160	420	12	8.74	8	HG/T 21586.22—1998	439
	150	210					HG/T 21586.50—1998	526
4000	100	160	450	12	9.96	8	HG/T 21586.23—1998	480
	150	210					HG/T 21586.51—1998	576
4200	100	160	470	12	11.00	8	HG/T 21586.24—1998	511
	150	210					HG/T 21586.52—1998	617
4400	100	160	500	12	12.29	8	HG/T 21586.25—1998	545
	150	210					HG/T 21586.53—1998	661
4600	100	160	520	12	13050	8	HG/T 21586.26—1998	586
	150	210					HG/T 21586.54—1998	716
4800	100	160	550	12	14094	8	HG/T 21586.27—1998	624
	150	210					HG/T 21586.55—1998	762
5000	100	160	570	12	16.27	8	HG/T 21586.28—1998	667
	150	210					HG/T 21586.56—1998	818

① 质量按不锈钢材料计算。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

③ 型号标记



标记示例：

公称直径为800mm、网块厚度为100mm，全部为不锈钢材料的抽屉式丝网除沫器，其标记为

HG/T 21586.06—1998 WME-800-100。

④ 设计计算

a. 有效除沫面积计算

允许最大气速 v_{max}

$$v_{max}=K\sqrt{\frac{\rho_l-\rho_g}{\rho_g}}\quad \text{m/s} \tag{35-5}$$

式中 K——系数（对于标准型丝网，$K=0.116$；高效型丝网，$K=0.108$；高穿透型丝网，$K=0.128$）；

ρ_l——液相密度，kg/m^3；

ρ_g——气相密度，kg/m^3。

通过除沫器气速 v_g

$$v_g=(0.75\sim1.0)v_{max} \tag{35-6}$$

有效除沫面积 S

$$S=\frac{Q}{v_g} \tag{35-7}$$

式中 Q——气体处理量，m^3/s。

b. 压降计算

气体通过丝网除沫器的压降按式（35-8）计算

$$\Delta p=\frac{fv_g^2H\rho_g(1-\varepsilon)}{d_w}\quad \text{Pa} \tag{35-8}$$

式中 H——网块厚度，m；

ε——丝网空隙率，详见表35-107；

d_w——当金丝径，m（0.1×0.4mm扁丝，当金丝径为0.16×10^{-3}m；0.1×0.28mm扁丝，当金丝径为0.147×10^{-3}m）；

f——摩擦系数。

$$f=5.3\left(\frac{d_wv_g\rho_g}{\mu_g}\right)^{-0.32}$$

对于硫酸装置，d_w 取 0.16×10^{-3}m 时，f 可采用经验公式

$$f=2.3-0.16v_g$$

c. 效率计算

惯性分离数 K

$$K=\frac{\rho_ld_e^2v_g}{18\mu_gd'_w} \tag{35-9}$$

式中 d_e——雾滴粒径，m；

d'_w——丝径，m，对于扁丝取 $d'_w=0.6(t+w)$；

t——扁丝厚度，m；

w——扁丝宽度，m；

μ_g——气体黏度，kg/(m·s)。

对于粒径为 i 的雾沫，其靶效率按式（35-10）或式（35-11）计算。

圆丝的靶效率（$K=0.3\sim10$）

$$\eta_i=\frac{K}{K+0.82} \tag{35-10}$$

扁丝的靶效率

$$\eta_i=\left(\frac{K}{K+0.116}\right)^2 \tag{35-11}$$

通过丝网除沫器的粒级分效率

$$E_i=1-\left(1-0.21\frac{aH}{N}\eta_i\right)^N\quad \text{分率} \tag{35-12}$$

若丝网的层数 N 未知，则

$$E_i=1-\exp(-0.21aH\eta_i)\quad \text{分率} \tag{35-13}$$

式中 a——丝网的比表面积，m^2/m^3；

H——网块厚度，m；

N——丝网层数（等于双幅网的层数×2）。

除沫器的总效率

$$E_t=\sum E_iP_i\quad \text{公率} \tag{35-14}$$

式中 P_i——在雾沫群中粒级 i 出现的频率，分率。

⑤ 硫酸厂用抽屉式丝网除沫器 按硫酸生产规模及进转化系统中 SO_2 的体积分数，干燥塔用丝网除沫器公称直径可由图35-112查得；吸收塔用丝网除沫器公称直径按图35-113查得。例如，选择点位置在 *DN*800 的长方框与 *DN*1000 的长方框之间时，选用 *DN*900，其他照此类推。

除沫器的选用可按硫酸生产规模及进转化系统中 SO_2 的体积分数确定。干燥塔和吸收塔所用抽屉式丝网除沫器，其公称直径的确定分别由图35-112和图35-113查得。例如，当所确定的点的位置在 *DN*800 的长方框与 *DN*1000 的长方框之间时，即可选用 *DN*900 的丝网除沫器。

5.1.5 气液分布器

可拆型槽盘气液分布器（HG/T 21585.1—1998）。

本标准适用于规整填料（孔板波纹填料）及散堆填料塔。分布器安装在填料塔塔顶时，用于液体分布；安装在各层填料层上部时，用于液体分布及气液

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

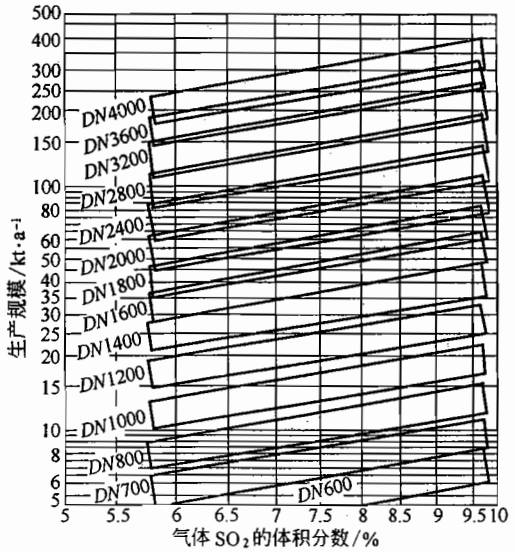


图 35-112 干燥塔用丝网除沫器的规格与生产规模和 SO_2 体积分数的关系

注：1. 气量系按年操作时数 8000 小时算出。
2. 转化率按 99.5%计算。如转化率非 99.5%，设为 x%，则 SO_2 的体积分数应校正为 $SO_2\% \cdot (x/99.5)$。
3. 按 0.952×10^5Pa(绝压)，温度按 52℃计算。
4. 长方框的下面一根线系按气速 3m/s，上面一根线系按气速 4m/s。

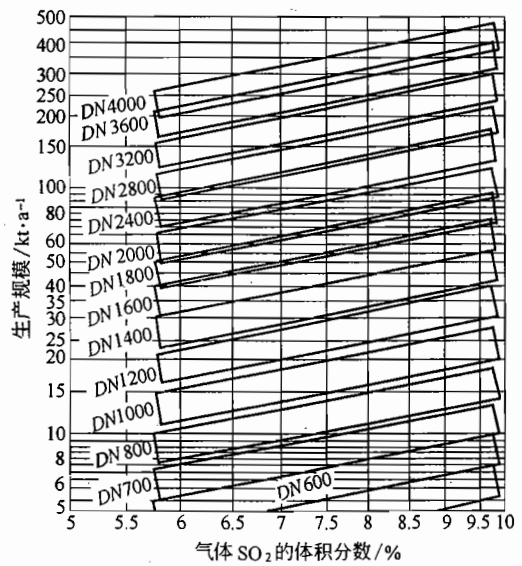


图 35-113 吸收塔用丝网除沫器的规格与生产规模和 SO_2 体积分数的关系

注：1. 气量系按年操作时数 8000 小时算出。
2. 转化率按 99.5%计算。如转化率不是 99.5%，设为 x%，则 SO_2 的体积分数应校正为 $SO_2\% \cdot (x/99.5)$。
3. 按 1.013×10^5Pa(绝压)，温度按 62℃计算。
4. 长方框的下面一根线系按气速 3m/s，上面一根线系按气速 4m/s。

分布。液体喷淋密度：常用范围 2～50$m^3/(m^2 \cdot h)$；最大范围 1.0～130$m^3/(m^2 \cdot h)$。液体喷淋点密度(95±10)个/m^2。

(1) 结构型式和尺寸参数

本标准分布器型式分可拆型槽盘气液分布器 GL(升气管上带挡液帽)和可拆型槽盘液体分布器 LL(升气管上不带挡液帽)，分布板又分单升气管型(用于 $DN\leqslant1800$mm，见图 35-114)和双升气管型(用于 $DN\geqslant2000$mm，见图 35-115)。尺寸参数见表 35-114。

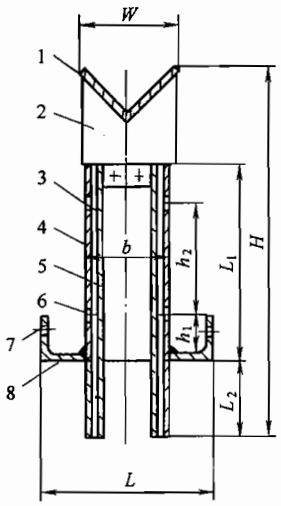


图 35-114 单升气管

1—挡液帽；2—支架；3—上层喷淋孔 d_2；4—升气管；5—导液角钢；6—下层喷淋孔 d_1；7—螺栓连接孔；8—分布板(底板)

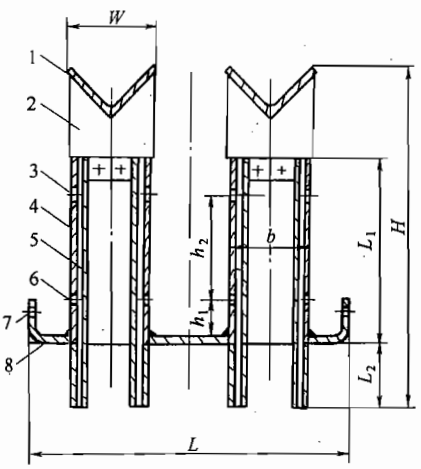


图 35-115 双升气管

1—挡液帽；2—支架；3—上层喷淋孔 d_2；4—升气管；5—导液角钢；6—下层喷淋孔；7—螺栓连接孔；8—分布板

(2) 分布器升气管布置(见图 35-116)

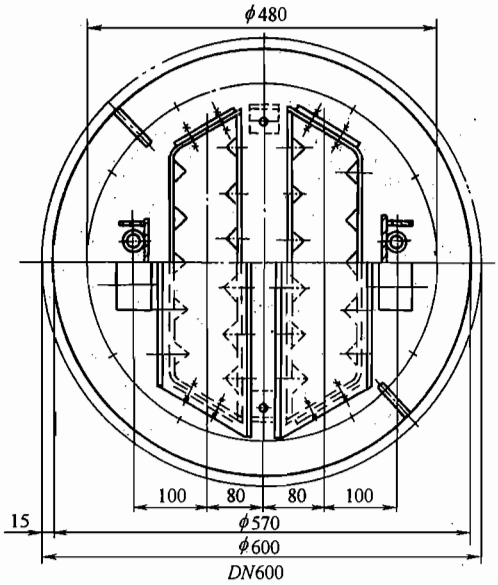
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-114 可拆型槽盘气液分布器尺寸参数

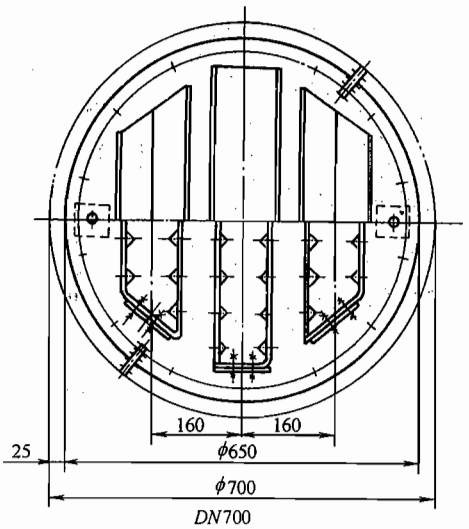
塔内径 D/mm	型号	总高度 H/mm	升气管高度 L_1 /mm	分布板底距下端高度 L_2 /mm	分布板宽度 L /mm	挡液帽宽度 W/mm	升气管宽度 b /mm	孔数 /个	标准图图号	质量 /kg
600	GL-06S	458.4	254	96	570	110	100	26	HG/T 215851-06	30
700	GL-07S	458.4	254	96	670	110	100	36	HG/T 215851-07	40
800	GL-08S	468.5	254	96	222	120	110	42	HG/T 215851-08	50
1000	GL-10S	468.5	254	96	222	120	110	68	HG/T 215851-10	80
1200	GL-12S	468.5	254	96	222	120	110	100	HG/T 215851-12	110
1400	GL-14S	468.5	254	96	222	120	110	138	HG/T 215851-14	155
1600	GL-16S	468.5	254	96	222	120	110	180	HG/T 215851-16	200
1800	GL-18S	468.5	254	96	222	120	110	236	HG/T 215851-18	230
2000	GL-20S	468	255	95	452	120	110	280	HG/T 215851-20	335
2200	GL-22S	468	255	95	452	120	110	356	HG/T 215851-22	410
2400	GL-24S	468	255	95	452	120	110	424	HG/T 215851-24	475
2600	GL-26S	468	255	95	452	120	110	504	HG/T 215851-26	570
2600	GL-26A	573.5	389	66	222	120	110	480	G/T 215851-26A	645
2800	GL-28S	468	255	95	452	120	110	604	HG/T 215851-28	665
3000	GL-30S	468	255	95	452	120	110	708	HG/T 215851-30	780
3200	GL-32A	573.5	389	66	222	120	110	764	G/T 215851-32A	965
3400	GL-34S	468	255	95	452	120	110	852	HG/T 215851-34	940
3600	GL-36A	573.5	389	66	222	120	110	986	G/T 215851-36A	1230
3800	GL-38S	468	255	95	452	120	110	1064	HG/T 215851-38	1215
4000	GL-40S	468	255	95	452	120	110	1170	HG/T 215851-40	1340
4200	GL-42S	468	255	95	452	120	110	1308	HG/T 215851-42	1480
4600	GL-46S	468	255	95	452	120	110	1602	HG/T 215851-46	1765
5000	GL-50S	468	255	95	452	120	110	1832	HG/T 215851-50	2060
5200	GL-52S	468	255	95	452	120	110	1992	HG/T 215851-52	2220
5800	GL-58S	468	255	95	452	120	110	2568	HG/T 215851-58	2850
6000	GL-60S	468	255	95	452	120	110	2740	HG/T 215851-60	3000

注：当选用 LL 型时，按 GL 型对应标准图号，仅将图中挡液帽及支撑装置取消。

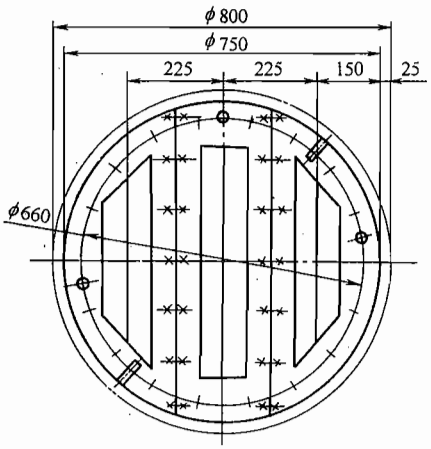
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



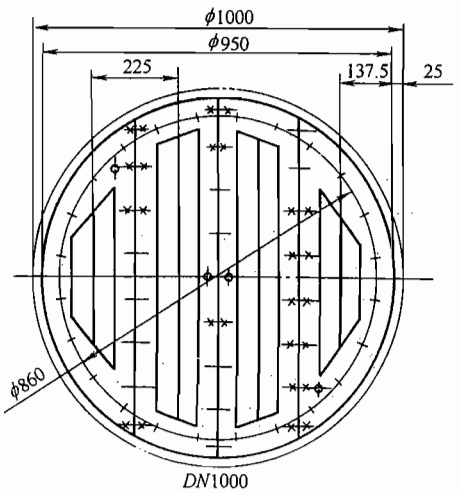
*DN*600



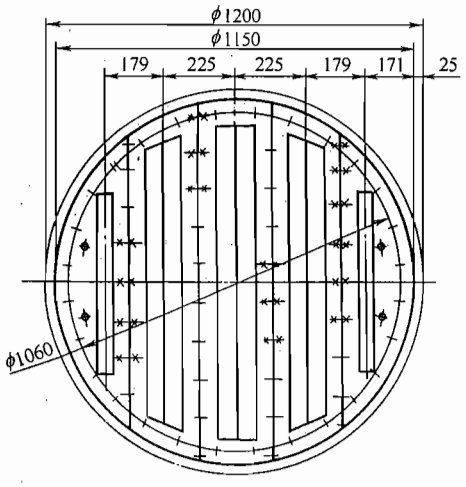
*DN*700



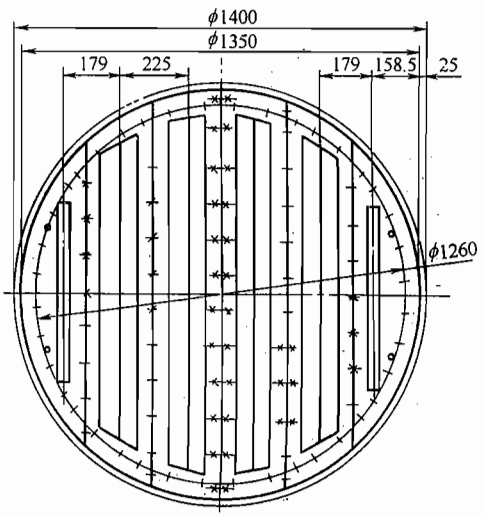
*DN*800



*DN*1000



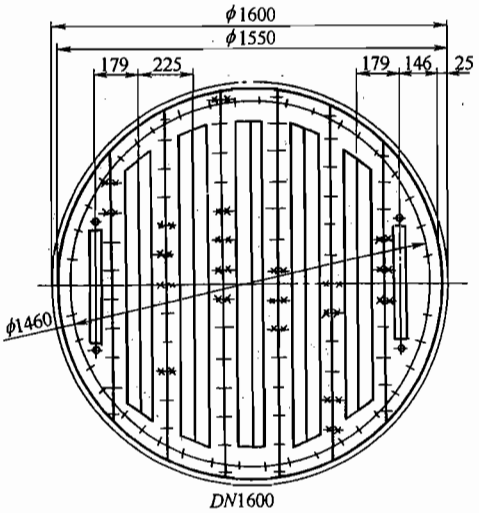
*DN*1200



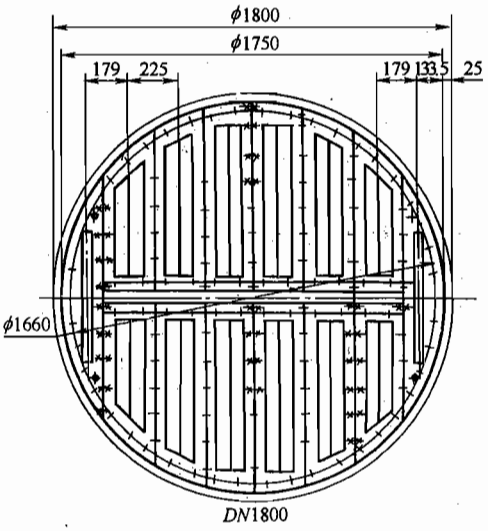
*DN*1400

图 35-116

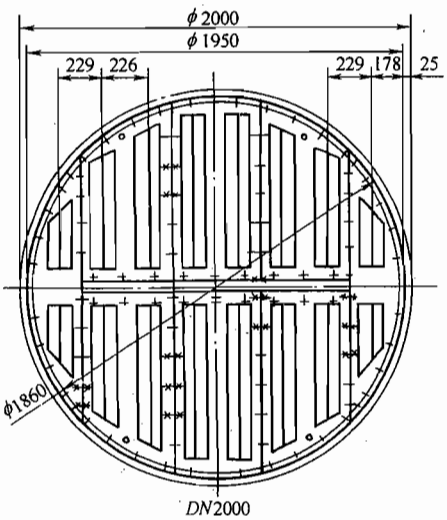
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



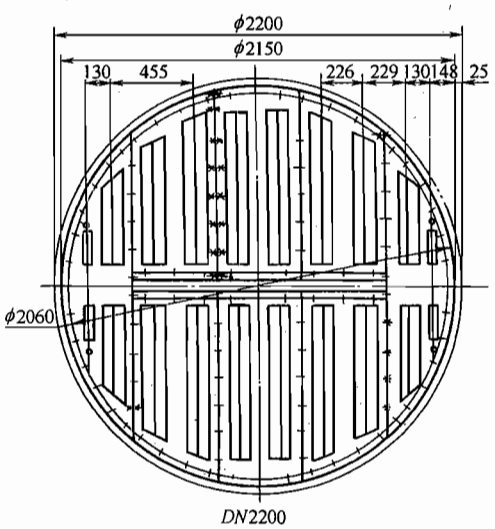
*DN*1600



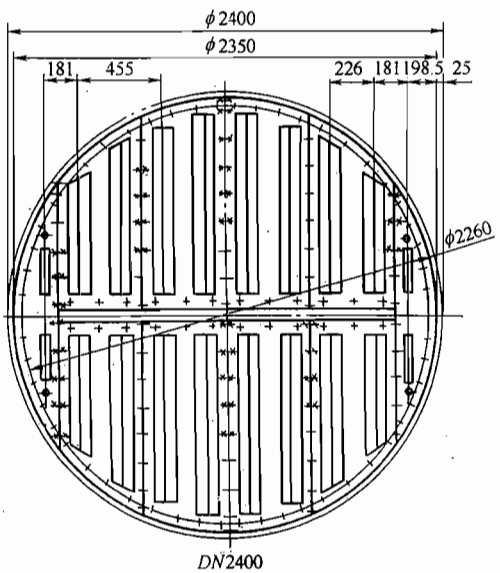
*DN*1800



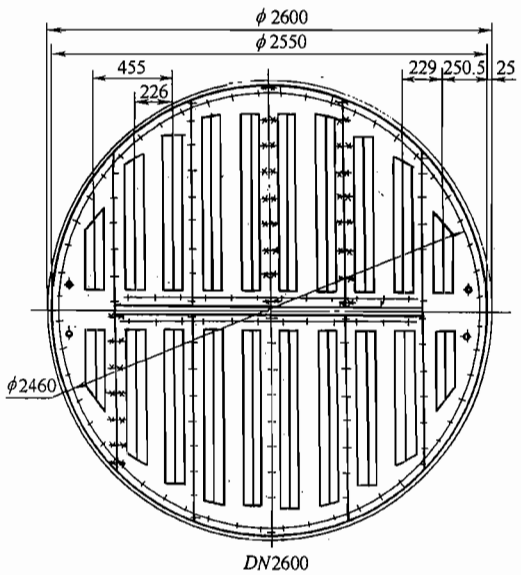
*DN*2000



*DN*2200



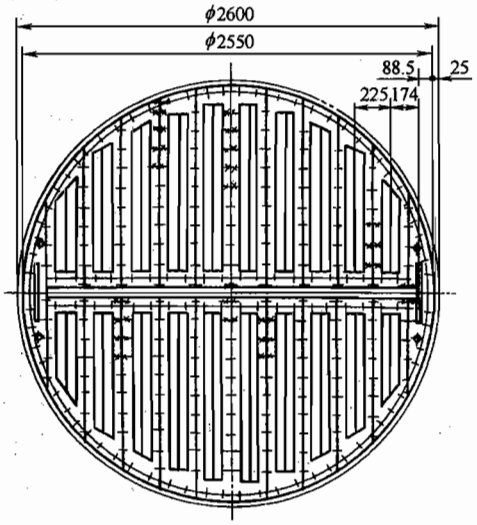
*DN*2400



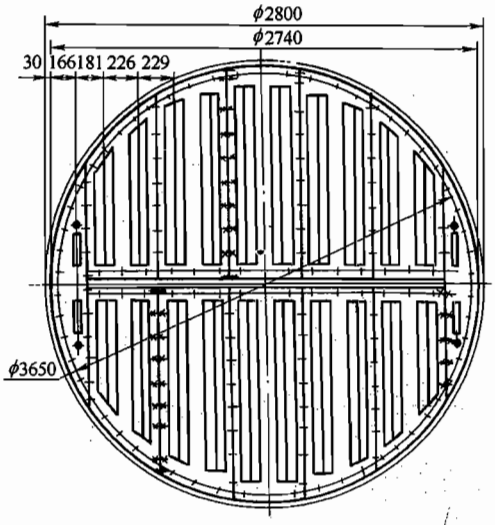
*DN*2600

图 35-116

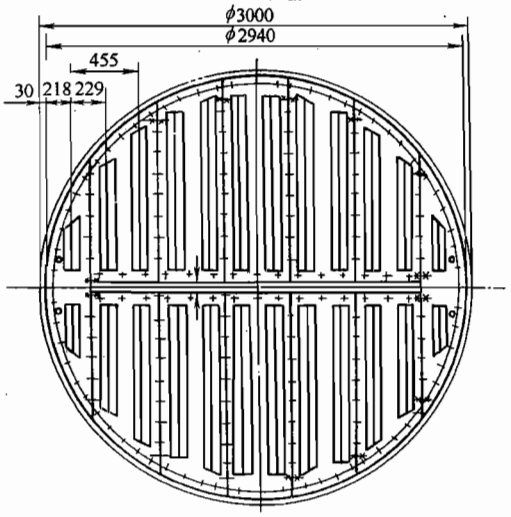
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



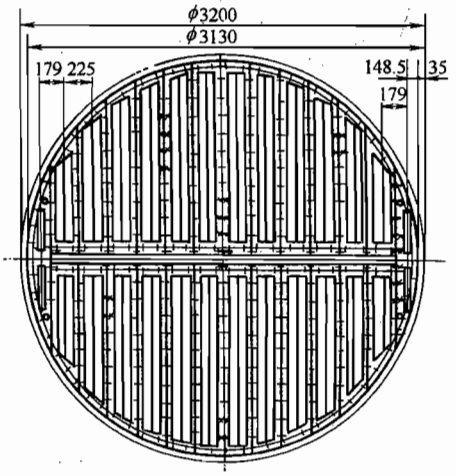
*DN*2600(A型)



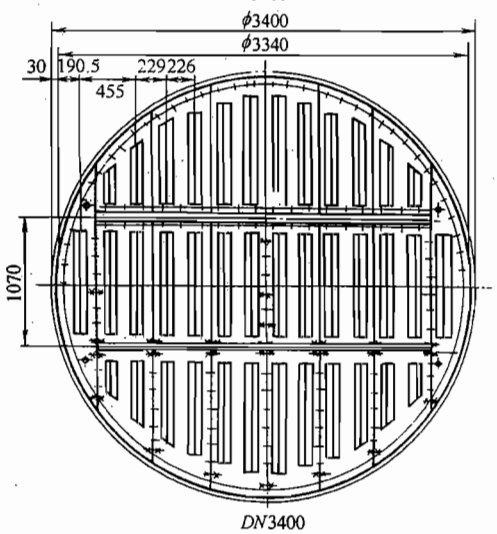
*DN*2800



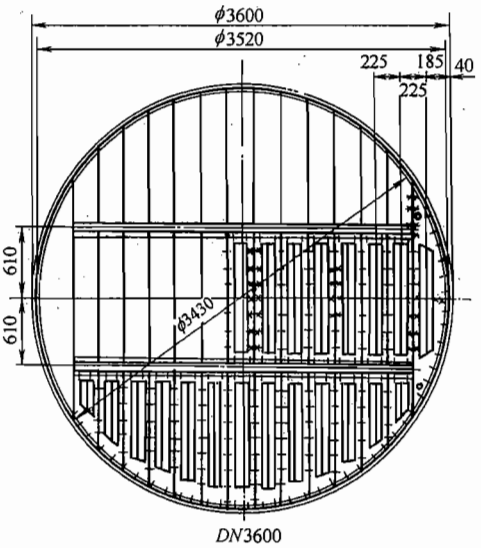
*DN*3000



*DN*3200(A型)



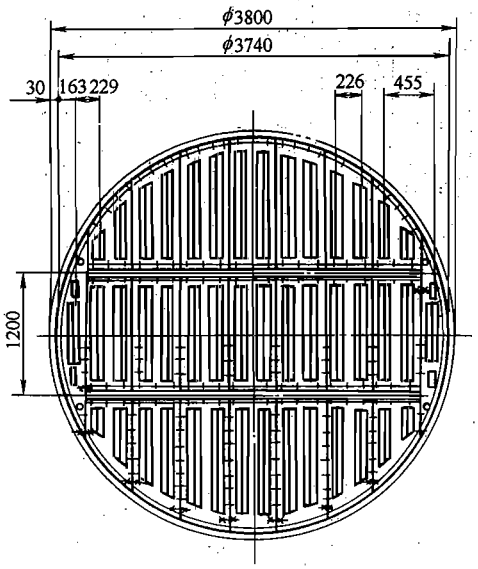
*DN*3400



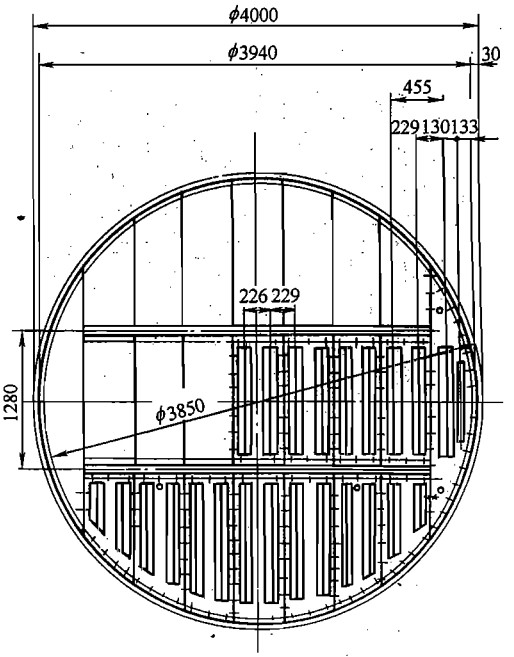
*DN*3600

图 35-116

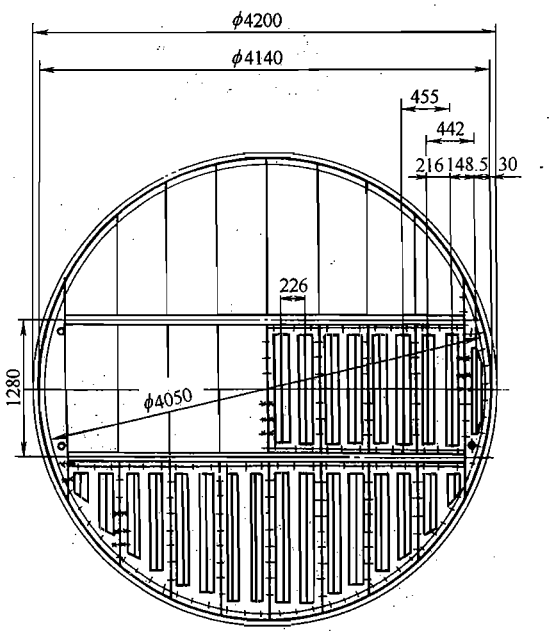
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



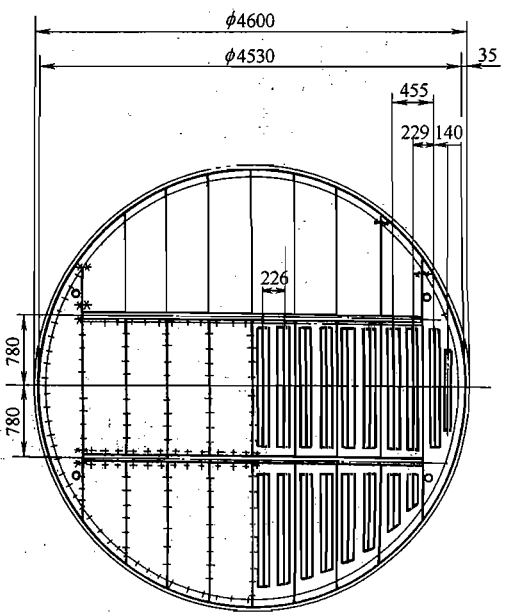
*DN*3800



*DN*4000



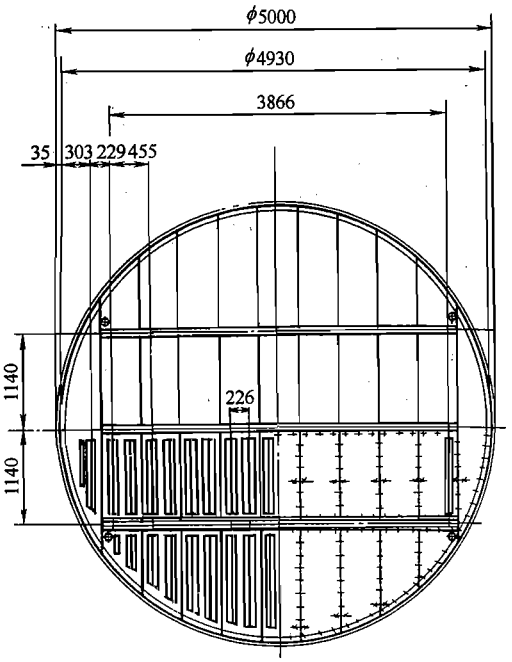
*DN*4200



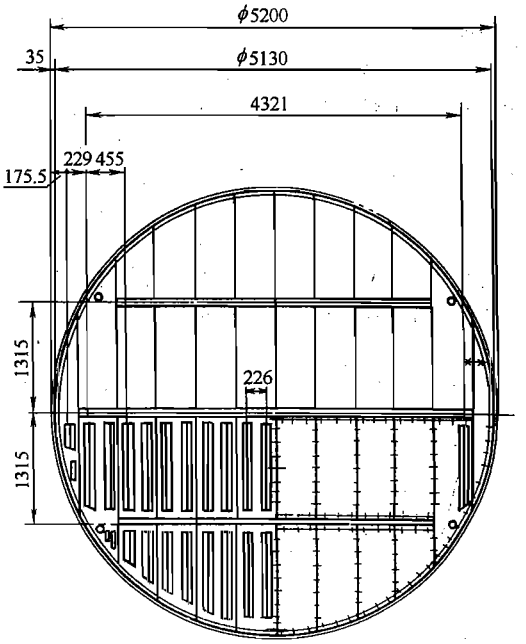
*DN*4600

图 35-116

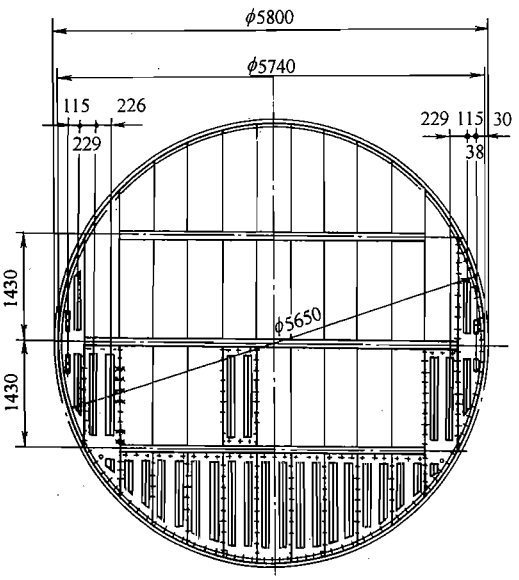
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



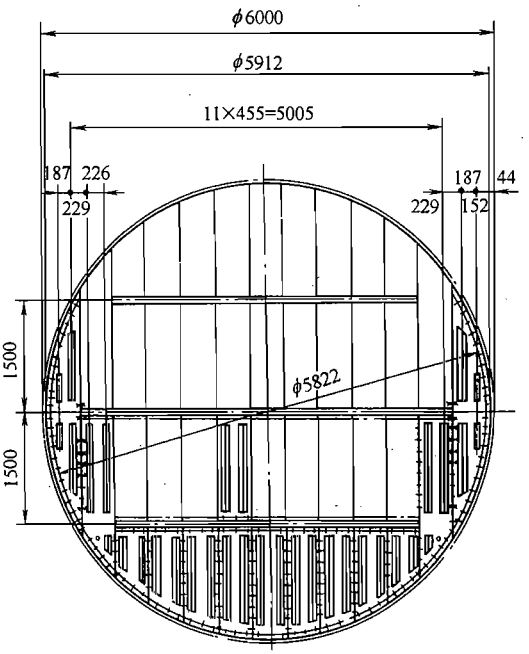
*DN*5000



*DN*5200



*DN*5800



*DN*6000

图 35-116　升气管布置形式

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(3) 分布器选用计算

① 升气管高度

标准升气管（S型）

$$h_1+h_2\leqslant 200 \quad \text{mm} \tag{35-15}$$

式中 h_1——下层喷淋孔中心与底板距离，mm（一般 $h_1=50$mm；对于清洁物料，$h_1\geqslant 20$mm；较多沉积物时，$h_1\geqslant 50$mm）；

h_2——上、下层喷淋孔中心距，mm；上层孔 d_2 中心距升气管上缘一般为50mm。

高升气管（A型）用于大流量及工艺流体易起泡沫的场合。h_1、h_2 取值与S型相同，$L_1=389$mm。

② 喷淋孔数

根据工艺条件给出的塔径，按表35-114查得喷淋孔径为 d_1 的孔数，孔径 d_2 的孔数与 d_1 相同。

③ 分布器流量

$$Q=2827d^2nC_d\sqrt{2gh} \quad \text{m}^3/\text{h} \tag{35-16}$$

式中 d——喷淋孔径 d_1 或 d_2，m；

n——喷淋孔数，个；

h——液位高（液面距喷淋孔中心距），m；

C_d——喷淋孔流量系数，取 $C_d=0.5\sim0.7$；

g——重力加速度值，$g=9.8\text{m/s}^2$。

a. 最大流量 Q_{max}

喷淋量的最大液位高

$$h=h_2+(0.5d_2+0.02) \quad \text{m} \tag{35-17}$$

将计算所得的 h 代入式（35-16），即可求得最大流量 Q_{max}。

b. 最小流量 Q_{min}

此时仅下层喷淋孔喷流，喷淋量的液位高由下式确定

$$h=0.5d_1+0.02 \quad \text{m} \tag{35-18}$$

将所求 h 代入式（35-16），即得最小流量 Q_{min}。

c. 正常流量

此时仅下层喷淋孔喷流，喷淋量的液位高由下式确定

$$h\approx 0.5h_2 \quad \text{m} \tag{35-19}$$

将此 h 值代入式（35-16），即得分布器的正常流量。

通过对 d_1、d_2 的调整及试算，使 Q_{max}、Q_{min} 及 Q 满足工艺要求。

④ 喷淋孔径 d_1 及 d_2

对于标准升气管型，应满足

$$\frac{\pi}{4}(d_1^2+d_2^2)\leqslant 200 \quad \text{mm}^2 \tag{35-20}$$

对于高升气管型，应满足

$$\frac{\pi}{4}(d_1^2+d_2^2)\leqslant 450 \quad \text{mm}^2 \tag{35-21}$$

一般应以 d_1 满足 Q_{max}、Q_{min} 及 Q，此时公式（35-20）及公式（35-21）更改为

$$\frac{\pi}{4}d_1^2\leqslant 200 \quad \text{mm}^2 \tag{35-22}$$

$$\frac{\pi}{4}d_1^2\leqslant 450 \quad \text{mm}^2 \tag{35-23}$$

d_1 最小值取0.003m，$d_2\geqslant d_1$，可通过降低 h_2 及 h_1 调整流量，选择 d_1 及 d_2。

⑤ 喷淋密度

$$L=\frac{Q}{A} \quad \text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \tag{35-24}$$

式中 Q——分布器液体总流量，m^3/h；

A——塔内径横截面积，m^2。

⑥ 塔的操作弹性

$$R=\frac{Q_{max}}{Q_{min}} \tag{35-25}$$

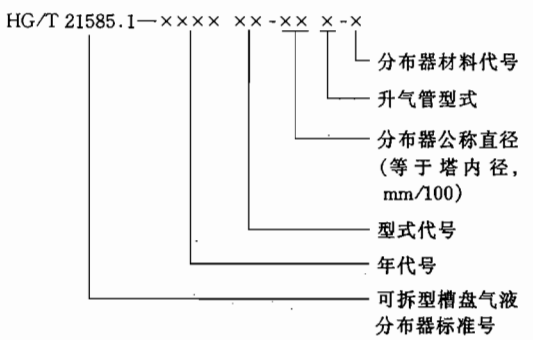
(4) 材料

分布器所用材料见表35-115。

表35-115 分布器材料

材料牌号	材料代号
0Cr19Ni9	Ⅰ
底板及泪孔导流板为碳钢，其余为0Cr19Ni9	Ⅱ
其他材料	Ⅲ

(5) 标记



标记示例如下。

例1 塔径600mm，全部采用0Cr18Ni9材料，型式为可拆型槽盘气液分布器，其标记为

GL-06S-Ⅰ

例2 塔径2600mm，分布器底板及泪孔导流板采用硫钢，其余为不锈钢材料，型式为可拆型槽盘液体分布器，其标记为

LL-26S-Ⅱ，或LL-26A-Ⅱ（高中气管型）。

5.1.6 塔顶吊柱（HG/T 21639—2005）

对于室外无框架的整体塔，考虑安装检修时起吊塔盘板及其他零件，宜在塔顶设置一可转动的吊柱。吊柱吊装质量分500kg和1000kg两挡，使用温度分大于−20℃和小于或等于−20℃两种情况。对于分节塔，塔盘板的拆卸往往在塔节拆开后进行，故不必设置吊柱。

吊柱的结构型式见图35-117，基本参数见表35-116。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-116 基本参数 /mm

S	L	H	W=500kg(α≤15°)			W=1000kg(α≤15°)		
			质量/kg	标准图号		质量/kg	标准图号	
				使用温度>−20℃	使用温度≤−20℃		使用温度>−20℃	使用温度≤−20℃
800	3150	900	236	HG/T 21639-1	HG/T 21639-41			
900	3400	1000	250	HG/T 21639-2	HG/T 21639-42			
1000	3400	1000	254	HG/T 21639-3	HG/T 21639-43	348	HG/T 21639-27	HG/T 21639-67
1100	3400	1000	258	HG/T 21639-4	HG/T 21639-44	353	HG/T 21639-28	HG/T 21639-68
1200	3400	1000	261	HG/T 21639-5	HG/T 21639-45	358	HG/T 21639-29	HG/T 21639-69
1300	3900	1100	285	HG/T 21639-6	HG/T 21639-46	389	HG/T 21639-30	HG/T 21639-70
1400	3900	1100	289	HG/T 21639-7	HG/T 21639-47	393	HG/T 21639-31	HG/T 21639-71
1500	3900	1100	293	HG/T 21639-8	HG/T 21639-48	399	HG/T 21639-32	HG/T 21639-72
1600	4250	1250	310	HG/T 21639-9	HG/T 21639-49	475	HG/T 21639-33	HG/T 21639-73
1800	4250	1250	359	HG/T 21639-10	HG/T 21639-50	487	HG/T 21639-34	HG/T 21639-74
2000	4250	1250	368	HG/T 21639-11	HG/T 21639-51	612	HG/T 21639-35	HG/T 21639-75
2200	4850	1350	480	HG/T 21639-12	HG/T 21639-52	691	HG/T 21639-36	HG/T 21639-76
2400	4850	1350	491	HG/T 21639-13	HG/T 21639-53	706	HG/T 21639-37	HG/T 21639-77
2600	4850	1350	501	HG/T 21639-14	HG/T 21639-54	722	HG/T 21639-38	HG/T 21639-78
2800	5450	1450	544	HG/T 21639-15	HG/T 21639-55	877	HG/T 21639-39	HG/T 21639-79
3000	5450	1450	632	HG/T 21639-16	HG/T 21639-56	895	HG/T 21639-40	HG/T 21639-80
3200	5450	1450	644	HG/T 21639-17	HG/T 21639-57			
3400	6050	1550	693	HG/T 21639-18	HG/T 21639-58			
3600	6050	1550	705	HG/T 21639-19	HG/T 21639-59			
3800	6050	1550	904	HG/T 21639-20	HG/T 21639-60			
4000	6550	1700	958	HG/T 21639-21	HG/T 21639-61			
4200	6550	1700	973	HG/T 21639-22	HG/T 21639-62			
4400	6550	1700	989	HG/T 21639-23	HG/T 21639-63			
4600	7150	1800	1050	HG/T 21639-24	HG/T 21639-64			
4800	7150	1800	1066	HG/T 21639-25	HG/T 21639-65			
5000	7150	1800	1087	HG/T 21639-26	HG/T 21639-66			

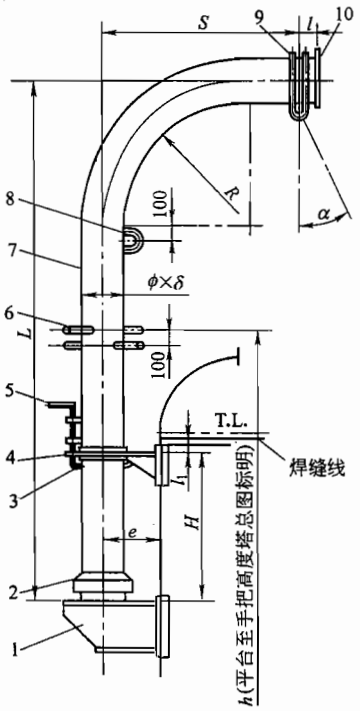


图 35-117 吊柱的结构型式

1—下支座；2—防雨罩；3—挡销；4—上支座；5—止动插销；6—手把；7—吊杆；8—耳环；9—吊钩；10—封板

标记示例：

使用温度大于−20℃，起吊质量 $W=500$kg，悬臂长度 $S=1400$mm 的吊柱。

标记：塔顶吊柱 $W=500$ $S=1400$ HG/T 21639-7

使用温度小于或等于−20℃，起吊质量 $W=500$kg，悬臂长度 $S=1400$mm 的吊柱。

标记：塔顶吊柱 $W=500$ $S=1400$ HG/T 21639-47

5.2 钢瓶

5.2.1 钢质无缝气瓶（GB 5099—1994）

钢质无缝气瓶形状见图 35-118，公称容积和外径尺寸见表 35-117，使用环境温度为−40～60℃，工作压力、充装介质及充装系数见表 35-118。

5.2.2 钢质焊接气瓶（GB 5100—1994）

钢质焊接气瓶形状见图 35-119，公称容积与公称直径见表 35-119，使用环境温度为−40～60℃，工作压力、充装介质及充装系数见表 35-120。

5.2.3 铝合金无缝气瓶（GB 11640—2001）

铝合金无缝气瓶形状见图 35-120，公称容积和外径见表 35-121，使用温度不超过 60℃，公称工作压力 1～30MPa。推荐充装的介质见表 35-122。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

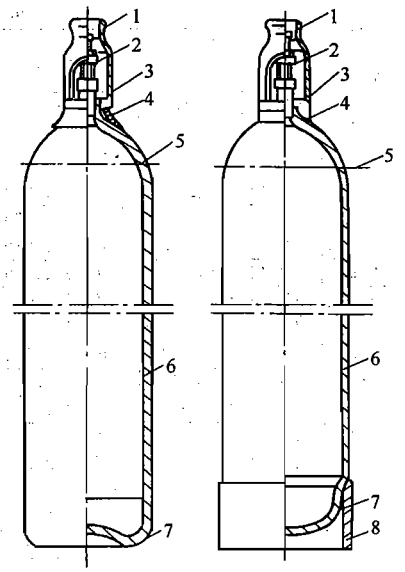


图 35-118 钢质无缝气瓶

1—瓶帽；2—瓶阀；3—瓶口；4—颈圈；5—瓶肩；6—筒体；7—瓶底；8—底座

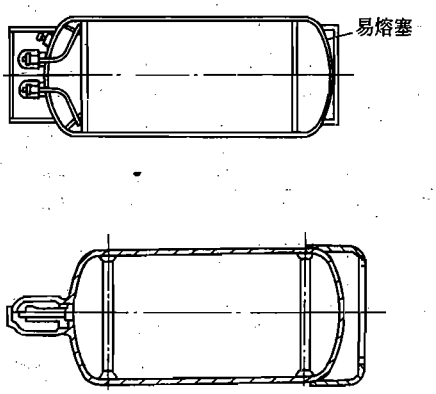


图 35-119 钢质焊接气瓶

表 35-117 钢质焊接气瓶的公称容积和外径尺寸

公称容积/L	0.4	0.7	1.0	1.4	2.0	2.5	3.2	4.0	5.0	6.3	7.0	8.0	9.0	10.0	120	20	25	32	36	38	40	45	50	63	70	80
外径/mm	60,70	70	89		89,108	108,120,140	120,140			140,152				152 159	152,159 178,180	203,219				219,229,232				245,267,273		

表 35-118 钢质无缝气瓶基本参数

充装介质类型	气体名称	化学式	工作压力/MPa	充装系数/(kg/L) 设计压力/MPa 20	15	12.5	8.0	瓶体表面颜色
压缩气体	氢	H_2	30、20、15					深绿
	氧	O_2	30、20、15					天蓝
	空气		30、20、15					黑
	氮	N_2	30、20、15					黑
	氩	Ar	30、20、15					灰
	氦	He	30、20、15					灰
	氖	Ne	30、20、15					灰
	氪	Kr	30、20、15					灰
	甲烷	CH_4						褐
压缩气体	煤气							灰
	四氟甲烷(F-14)	CF_4						铝白
	三氟化硼	BF_3						灰

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

充装介质类型	气体名称	化学式	工作压力/MPa	充装系数/(kg/L)				瓶体表面颜色
				设计压力/MPa				
				20	15	12.5	8.0	
高压液化气体	氙	Xe				1.23		灰
	二氧化碳	CO_2		0.74	0.60			铝白
	氧化亚氮(笑气)	N_2O			0.62	0.52		灰
	六氟化硫	SF_6				1.33	1.17	灰
	氯化氢	HCl				0.57		灰
	乙烷	C_2H_6		0.37	0.34	0.31		褐
	乙烯	C_2H_4		0.34	0.28	0.24		褐
	三氟氯甲烷(F-13)	CF_3Cl				0.94	0.73	铝白
	三氟甲烷(F-23)	CHF_3				0.76		铝白
	六氟乙烷(F-116)	C_2F_6				1.06	0.83	铝白
	偏二氟乙烯	$CH_2=CF_2$				0.66	0.46	灰
	氟乙烯	$CH_2=CHF$				0.54	0.47	灰
	三氟溴甲烷(F-13B1)	CF_3Br				1.45	1.33	铝白

表 35-119 公称容积和公称直径

公称容积/L	10～25	25～50	50～100	100～150	150～200	200～600	600～1000
公称直径/mm	200,230(217)	250,300(314)	300,350(314)	400(350)	400(500)	600(700)	800(900)

注：括号内的数值尽量不采用。

表 35-120 钢质焊气瓶基本使用参数

低压液化气体名称	化学式	工作压力/MPa	充装系数/(kg/L)	瓶体表面颜色
氨	NH_3	3.0	0.53	黄
氯	Cl_2	2.0	1.25	草绿
溴化氢	HBr	5.0	1.19	灰
硫化氢	H_2S	5.0	0.66	白
二氧化硫	SO_2	2.0	1.23	灰
四氧化二氮	N_2O_4	2.0	1.30	灰
碳酰二氯(光气)	$COCl_2$	5.0	1.25	白
氟化氢	HF	2.0	0.83	灰
丙烷	C_3H_8	3.0	0.41	褐
环丙烷	$CH_2CH_2CH_2$	2.0	0.53	褐
丁烷	C_4H_{10}	1.0	0.51	褐
异丁烷(2-甲基丙烯)	$(CH_3)_2CHCH_3$	1.0	0.49	褐
丙烯	C_3H_6	3.0	0.42	褐
异丁烯	$(CH_3)_2C=CH_2$	1.0	0.53	褐
1-丁烯	$CH_3CH_2CH=CH_2$	1.0	0.53	褐
1,3-丁二烯	$CH_2=(CH)_2=CH_2$	1.0	0.55	褐

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

低压液化气体名称	化 学 式	工作压力/MPa	充装系数/(kg/L)	瓶体表面颜色
六氟丙烯(全氟丙烯)	$CH_3CF{=}CF_2$	2.0	1.06	灰
二氟二氯甲烷(F-12)	CF_2Cl_2	2.0	1.14	铝白
一氟二氯甲烷(F-21)	$CHFCl_2$	1.0	1.25	铝白
二氟氯甲烷(F-22)	CHF_2Cl	3.0	1.02	铝白
四氟二氯乙烷(F-114)	CF_2ClCF_2Cl	1.0	1.31	铝白
二氟氯乙烷(F-142)	CH_3CF_2Cl	1.0	0.99	铝白
三氟乙烷(F-143)	$C_2H_3F_3$	3.0	0.66	铝白
偏二氟乙烷(F-152a)	CH_3CHF_2	2.0	0.79	铝白
二氟氯溴甲烷(F-12Bl)	CF_2ClBr	1.0	1.62	铝白
三氟氯乙烯	C_2F_3Cl	2.0	1.10	灰
氯甲烷(甲基氯)	CH_3Cl	2.0	0.81	灰
氯乙烷(乙基氯)	C_2H_5Cl	1.0	0.80	灰
氯乙烯(乙烯基氯)	$CH_2{=}CHCl$	1.0	0.82	灰
溴甲烷(甲基溴)	CH_3Br	2.0	1.57	灰
溴乙烯(乙烯基溴)	$CH_2{=}CHBr$	1.0	1.37	灰
甲胺	CH_3NH_2	1.0	0.60	灰
二甲胺	$(CH_4)_2NH$	1.0	0.58	灰
三甲胺	$(CH_3)_3N$	1.0	0.56	灰
乙胺	$CH_3CH_2NH_2$	1.0	0.62	灰
甲醚(二甲醚)	CH_3OCH_3	2.0	0.58	灰
乙烯基甲醚(甲基乙烯基醚)	$CH_3OCH{=}CH_2$	1.0	0.67	灰
环氧乙烷(氧化乙烯)	C_2H_4O	1.0	0.79	灰

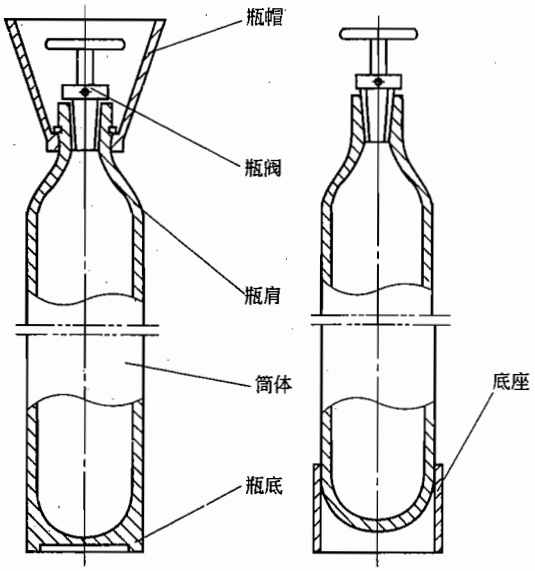


图 35-120 铝瓶典型结构

表 35-121 公称容积和外径

类别	公称容积 V/L	外径 D_0/mm
小容积	0.4～2.0	60,70,89,108
	2.5～6.3	108,120,140
	7.0～12.0	140,152,159,180
中容积	13.0～36.0	203,219
	38.0～50.0	219,229,232

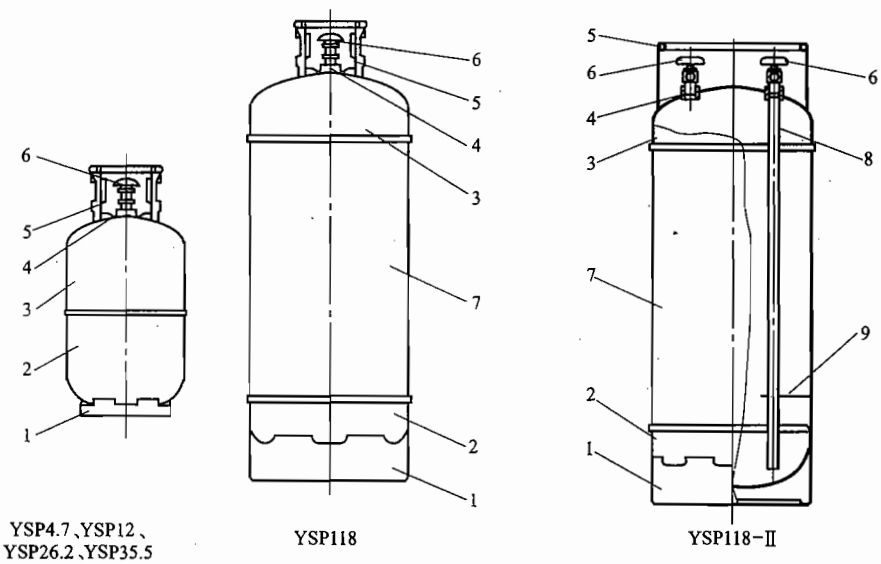
5.2.4 液化石油气钢瓶（GB 5842—2006）

液化石油气钢瓶形状见图 35-121，规格和充装量见表 35-123，使用环境温度为－40～60℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-122 推荐充装的介质

永久气体	液化气体			
	高压气体	低压气体		
空气	三氟溴甲烷	氨	二甲胺	乙烯基甲醚
氩气	二氧化碳	砷化氢	甲醚	丙烷
一氧化碳	三氟氯甲烷	二氟溴氯甲烷	二甲基丙烷	丙烯
四氟甲烷	乙硼烷	1,3 丁二烯	丁炔	二氧化硫
煤气	1,1 二氟乙烯	丁烷	乙胺	三甲胺
重氢	乙烷	1-丁烯	六氟丙烯	溴乙烯
氦	乙烯	2-丁烯	氰化氢	氯乙烯
氢	六氟乙烷	二氟氯甲烷	硫化氢	氟乙烯
氪	一氧化氮	二氟氯乙烷	异丁烷	丙二烯
甲烷	一氧化二氮	五氟氯乙烷	异丁烯	
氖	磷烷	三氟氯乙烷	丙炔	
氧	硅烷	氰	甲胺	
家用煤气	六氟化硫	环丙烷	甲硫醇	
氮	三氟甲烷	三氟二氯甲烷	四氧化二氮	
	氙	一氟二氯甲烷	三氧化二氮	
		四氟二氯乙烷	八氟环丁烷	



YSP4.7、YSP12、YSP26.2、YSP35.5　　YSP118　　YSP118-Ⅱ

图 35-121 液化石油气钢瓶结构

1—底座；2—下封头；3—上封头；4—阀座；5—护罩；6—瓶阀；7—筒体；8—液相管；9—支架

表 35-123 液化石油气钢瓶规格和充装量

参数	YSP4.7	YSP12	YSP26.2	YSP35.5	YSP118	YSP118-Ⅱ
公称容积/L	4.7	12.0	26.2	35.5	118	118
钢瓶内直径/mm	200	244	294	314	400	400
最大充装量/kg	1.9	5.0	11.0	14.9	49.5	49.5
备注						用于气化装置的液化石油气储存设备

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6 换热器系列

6.1 固定管板式换热器（JB/T 4715—1992）

6.1.1 基本参数

① 公称压力 *PN*0.25～6.4MPa。

② 公称直径 *DN* 钢管制圆筒 159～325mm；卷制圆筒 400～1800mm。

③ 换热管长度 *L*1500～9000mm。

④ 换热管规格和排列形式见表 35-124。

⑤ 折流板（支持板）间距见表 35-125。

⑥ 换热管 ϕ19、ϕ25 的换热器基本参数见表 35-126，表 35-127。

表 35-124 换热管规格和排列形式

外径×壁厚/(mm×mm)		排列形式	管心距/mm
碳钢、低合金钢	不锈钢		
ϕ25×2.5	ϕ25×2	正三角形	32
ϕ19×2	ϕ19×2		25

表 35-125 折流板间距 /mm

公称直径 *DN*	管长	折流板间距					
≤500	≤3000	100	200	300	450	600	—
	4500～6000	—					
600～800	1500～6000	150	200	300	450	600	—
900～1300	≤6000	—	200	300	450	600	—
	7500,9000		—				750
1400～1600	6000	—	—	300	450	600	750
	7500,900			—			
1700～1800	6000～9000	—	—	—	450	600	750

⑦ 计算换热面积由式（35-26）确定。

$$A=\pi d(L-2\delta-0.006)n \qquad (35\text{-}26)$$

式中 A——计算换热面积，m^2；

d——换热管外径，m；

L——换热管长度，m；

δ——管板厚度，m（假定为 0.05m）；

n——换热管根数。

表 35-126 换热管 ϕ19 的基本参数

公称直径 *DN*/mm	公称压力 *PN*/MPa	管程数 *N*	管子根数 *n*	中心排管数	管程流通面积/m^2	计算换热面积/m^2 换热管长度 *L*/mm					
						1500	2000	3000	4500	6000	9000
159	1.60 2.50 4.00 6.40	1	15	5	0.0027	1.3	1.7	2.6	—	—	—
219			33	7	0.0058	2.8	3.7	5.7	—	—	—
273		1	65	9	0.0115	5.4	7.4	11.3	17.1	22.9	—
		2	56	8	0.0049	4.7	6.4	9.7	14.7	19.7	—
325		1	99	11	0.0175	8.3	11.2	17.1	26.0	34.9	—
		2	88	10	0.0078	7.4	10.0	15.2	23.1	31.0	—
		4	68	11	0.0030	5.7	7.7	11.8	17.9	23.9	—
400	0.60 1.00 1.60 2.50 4.00	1	174	14	0.0307	14.5	19.7	30.1	45.7	61.3	—
		2	164	15	0.0145	13.7	18.6	28.4	43.1	57.8	—
		4	146	14	0.0065	12.2	16.6	25.3	38.3	51.4	—
450		1	237	17	0.0419	19.8	26.9	41.0	62.2	83.5	—
		2	220	16	0.0194	18.4	25.0	38.1	57.8	77.5	—
		4	200	16	0.0088	16.7	22.7	34.6	52.5	70.4	—
500		1	275	19	0.0486	—	31.2	47.6	72.2	96.8	—
		2	256	18	0.0226	—	29.0	44.3	67.2	90.2	—
		4	222	18	0.0098	—	25.2	38.4	58.3	78.2	—
600		1	430	22	0.0760	—	48.8	74.4	112.9	151.4	—
		2	416	23	0.0368	—	47.2	72.0	109.3	146.5	—
		4	370	22	0.0163	—	42.0	64.0	97.2	130.3	—
		6	360	20	0.0106	—	40.8	62.3	94.5	126.8	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积 /m²	计算换热面积/m² 换热管长度 L/mm					
						1500	2000	3000	4500	6000	9000
700	0.60 1.00 1.60 2.50 4.00	1	607	27	0.1073	—	—	105.1	159.4	213.8	—
		2	574	27	0.0507	—	—	99.4	150.8	202.1	—
		4	542	27	0.0239	—	—	93.8	142.3	190.9	—
		6	518	24	0.0153	—	—	39.7	136.0	182.4	—
800	0.60 1.00 1.60 2.50 4.00	1	797	31	0.1408	—	—	138.0	209.3	280.7	—
		2	776	31	0.0686	—	—	134.3	203.8	273.3	—
		4	722	31	0.0319	—	—	125.0	189.8	254.3	—
		6	710	30	0.0209	—	—	122.9	186.5	250.0	—
900		1	1009	35	0.1783	—	—	174.7	265.0	355.3	536.0
		2	988	35	0.0873	—	—	171.0	259.5	347.9	524.9
		4	938	35	0.0414	—	—	162.4	246.4	330.3	498.3
		6	914	34	0.0269	—	—	158.2	240.0	321.9	485.6
1000		1	1267	39	0.2239	—	—	219.3	332.8	446.2	673.1
		2	1234	39	0.1090	—	—	213.6	324.1	434.6	655.6
		4	1186	39	0.0524	—	—	205.3	311.5	417.7	630.1
		6	1148	38	0.0338	—	—	198.7	301.5	404.3	609.9
(1100)		1	1501	43	0.2652	—	—	—	394.2	528.6	797.4
		2	1470	43	0.1299	—	—	—	386.1	517.7	780.9
		4	1450	43	0.0641	—	—	—	380.8	510.6	770.3
		6	1380	42	0.0406	—	—	—	362.4	486.0	733.1
1200		1	1837	47	0.3246	—	—	—	482.5	646.9	975.9
		2	1816	47	0.1605	—	—	—	476.9	639.5	964.7
		4	1732	47	0.0765	—	—	—	454.9	610.0	920.1
		6	1716	46	0.0505	—	—	—	450.7	604.3	911.6
(1300)	0.25 0.60 1.00 1.60 2.50	1	2123	51	0.3752	—	—	—	557.6	747.7	1127.8
		2	2080	51	0.1838	—	—	—	546.3	732.5	1105.0
		4	2074	50	0.0916	—	—	—	544.7	730.4	1101.8
		6	2028	48	0.0597	—	—	—	532.6	714.2	1077.4
1400		1	2557	55	0.4519	—	—	—	—	900.5	1358.4
		2	2502	54	0.2211	—	—	—	—	881.1	1329.2
		4	2404	55	0.1062	—	—	—	—	846.6	1277.1
		6	2378	54	0.0700	—	—	—	—	837.5	1263.3
(1500)		1	2929	59	0.5176	—	—	—	—	1031.5	7556.0
		2	2874	58	0.2539	—	—	—	—	1012.1	1526.8
		4	2768	58	0.1223	—	—	—	—	974.8	1470.5
		6	2692	56	0.0793	—	—	—	—	948.0	1430.1
1600		1	3339	61	0.5901	—	—	—	—	1175.9	1773.8
		2	3282	62	0.3382	—	—	—	—	1155.8	1743.5
		4	3176	62	0.1403	—	—	—	—	1118.5	1687.2
		6	3140	61	0.0925	—	—	—	—	1105.8	1668.1

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积 /m²	计算换热面积/m²（换热管长度 L/mm）					
						1500	2000	3000	4500	6000	9000
(1700)	0.25 0.60 1.00 1.60 2.50	1	3721	65	0.6576	—	—	—	—	1310.4	1976.7
		2	3646	66	0.3131	—	—	—	—	1284.0	1936.9
		4	3544	66	0.1566	—	—	—	—	1248.1	1882.7
		6	3512	63	0.1034	—	—	—	—	1236.8	1869.7
1800		1	4247	71	0.7505	—	—	—	—	1495.7	2256.2
		2	4186	70	0.3699	—	—	—	—	1474.2	2223.8
		4	4070	69	0.1798	—	—	—	—	1433.3	2162.2
		6	4048	67	0.1192	—	—	—	—	1425.6	2150.5

注：表中的管程流通面积为各程平均值。

表 35-127 换热管 ϕ25 的基本参数

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积/m²		计算换热面积/m²（换热管长度 L/mm）					
					ϕ25×2	ϕ25×2.5	1500	2000	3000	4500	6000	9000
159	1.60 2.50 4.00 6.40	1	11	3	0.0038	0.0035	1.2	1.6	2.5	—	—	—
219			25	5	0.0087	0.0079	2.7	3.7	5.7	—	—	—
273		1	38	6	0.0132	0.0119	4.2	5.7	8.7	13.1	17.6	—
		2	32	7	0.0065	0.0050	3.5	4.8	7.3	11.1	14.8	—
325		1	57	9	0.0197	0.0179	6.3	8.5	13.0	19.7	26.4	—
		2	56	9	0.0097	0.0088	6.2	8.4	12.7	19.3	25.9	—
		4	40	9	0.0035	0.0031	4.4	6.0	9.1	13.8	18.5	—
400	0.60 1.00 1.60 2.50 4.00	1	98	12	0.0339	0.0308	10.8	14.6	22.3	33.8	45.4	—
		2	94	11	0.0163	0.0148	10.3	14.0	21.4	32.5	43.5	—
		4	76	11	0.0066	0.0060	8.4	11.3	17.3	26.3	35.2	—
450		1	135	13	0.0468	0.0424	14.8	20.1	30.7	46.6	62.5	—
		2	126	12	0.0218	0.0198	13.9	18.8	28.7	43.5	58.4	—
		4	106	13	0.0092	0.0083	11.7	15.8	24.1	36.6	49.1	—
500		1	174	14	0.0603	0.0546	—	26.0	39.6	60.1	80.6	—
		2	164	15	0.0284	0.0257	—	24.5	37.3	56.6	76.0	—
		4	144	15	0.0125	0.0113	—	21.4	32.8	49.7	66.7	—
600		1	245	17	0.0849	0.0769	—	36.5	55.8	84.6	113.5	—
		2	232	16	0.0402	0.0364	—	34.6	52.8	80.1	107.5	—
		4	222	17	0.0192	0.0174	—	33.1	50.5	76.7	102.8	—
		6	216	16	0.0125	0.0113	—	32.2	49.2	74.6	100.0	—
700		1	355	21	0.1230	0.1115	—	—	80.0	122.6	164.4	—
		2	342	21	0.0592	0.0537	—	—	77.9	118.1	158.4	—
		4	322	21	0.0279	0.0253	—	—	73.3	111.2	149.1	—
		6	304	20	0.0175	0.0159	—	—	69.2	105.0	140.8	—

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积/m²		计算换热面积/m² 换热管长度 L/mm					
					φ25×2	φ25×2.5	1500	2000	3000	4500	6000	9000
800	0.60 1.60 2.50 4.00	1	467	23	0.1618	0.1466	—	—	106.3	161.3	216.3	—
		2	450	23	0.0779	0.0707	—	—	102.4	155.4	208.5	—
		4	442	23	0.0383	0.0347	—	—	100.6	152.7	204.7	—
		6	430	24	0.0248	0.0225	—	—	97.9	148.5	119.2	—
900		1	605	27	0.2095	0.1900	—	—	137.8	209.0	280.2	422.7
		2	588	27	0.1018	0.0923	—	—	133.9	203.1	272.3	410.8
		4	554	27	0.0480	0.0435	—	—	126.1	191.4	256.6	387.1
		6	538	26	0.0311	0.0282	—	—	122.5	185.8	249.2	375.9
1000		1	749	30	0.2594	0.2352	—	—	170.5	258.7	346.9	523.3
		2	742	29	0.1285	0.1165	—	—	168.9	256.3	343.7	518.4
		4	710	29	0.0615	0.0557	—	—	161.6	245.2	328.8	496.0
		6	698	30	0.0403	0.0365	—	—	158.9	241.1	323.3	487.7
(1100)		1	931	33	0.3225	0.2923	—	—	—	321.6	431.2	650.4
		2	894	33	0.1548	0.1404	—	—	—	308.8	414.1	624.6
		4	848	33	0.0734	0.0666	—	—	—	292.9	392.8	592.5
		6	830	32	0.0479	0.0434	—	—	—	286.7	384.4	579.9
1200		1	1115	37	0.3862	0.3501	—	—	—	385.1	516.4	779.0
		2	1102	37	0.1908	0.1730	—	—	—	380.6	510.4	769.9
		4	1052	37	0.0911	0.0826	—	—	—	363.4	47.2	735.0
		6	1026	36	0.0592	0.0537	—	—	—	354.4	475.2	716.8
(1300)	0.25 0.60 1.00 1.60 2.50	1	1301	39	0.4506	0.4085	—	—	—	449.4	602.6	908.9
		2	1274	40	0.2206	0.2000	—	—	—	440.0	590.1	890.1
		4	1214	39	0.1051	0.0953	—	—	—	419.3	562.3	848.2
		6	1192	38	0.0688	0.0624	—	—	—	411.7	552.1	832.8
1400		1	1547	43	0.5358	0.4858	—	—	—	—	716.5	1080.8
		2	1510	43	0.2615	0.2371	—	—	—	—	699.4	1055.0
		4	1454	43	0.1259	0.1141	—	—	—	—	673.4	1015.8
		6	1424	42	0.0822	0.0745	—	—	—	—	659.5	994.9
(1500)		1	1753	45	0.6072	0.5504	—	—	—	—	811.9	1224.7
		2	1700	45	0.2944	0.2669	—	—	—	—	787.4	1187.7
		4	1688	45	0.1462	0.1325	—	—	—	—	781.8	1179.3
		6	1590	44	0.0918	0.0832	—	—	—	—	736.4	1110.9
1600		1	2023	47	0.7007	0.6352	—	—	—	—	937.0	1413.4
		2	1982	48	0.3432	0.3112	—	—	—	—	918.0	1384.7
		4	1900	48	0.1645	0.1492	—	—	—	—	880.0	1327.4
		6	1884	47	0.1088	0.0986	—	—	—	—	872.6	1316.3

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积/m²		计算换热面积/m² 换热管长度 L/mm					
					ϕ25×2	ϕ25×2.5	1500	2000	3000	4500	6000	9000
(1700)	0.25 0.60 1.00 1.60 2.50	1	2245	51	0.7776	0.7049	—	—	—	—	1039.8	1568.5
		2	2216	52	0.3838	0.3479	—	—	—	—	1026.3	1548.2
		4	2180	50	0.1888	0.1711	—	—	—	—	1009.7	1523.1
		6	2156	53	0.1245	0.1128	—	—	—	—	998.6	1506.3
1800		1	2559	55	0.8863	0.8035	—	—	—	—	1185.3	1787.7
		2	2512	55	0.4350	0.3944	—	—	—	—	1163.4	1755.1
		4	2424	54	0.2099	0.1903	—	—	—	—	1122.7	1693.2
		6	2404	53	0.1388	0.1258	—	—	—	—	1113.4	1679.6

注：表中的管程流通面积为各程平均值。

6.1.2 结构型式

(1) 结构简图（见图 35-122）

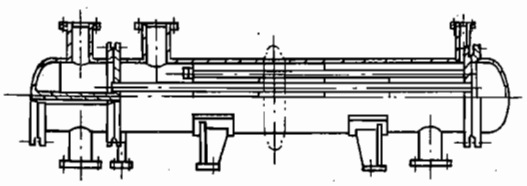


图 35-122 固定管板式换热器结构简图

(2) 立式换热器（见图 35-123、图 35-124）

(3) 卧式换热器（见图 35-125、图 35-126）

(4) 卧式重叠式换热器（见图 35-127）

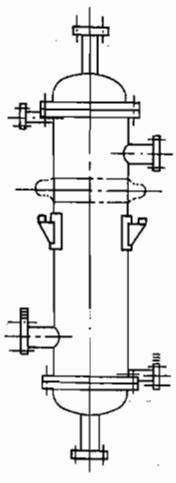


图 35-123 单管程立式换热器

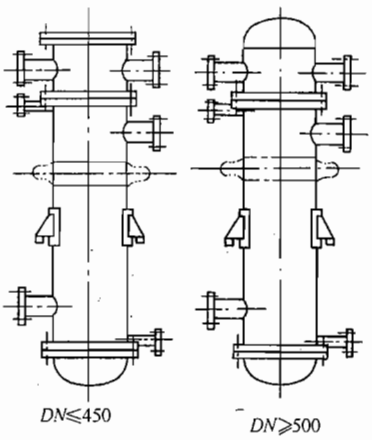


图 35-124 多管程立式换热器

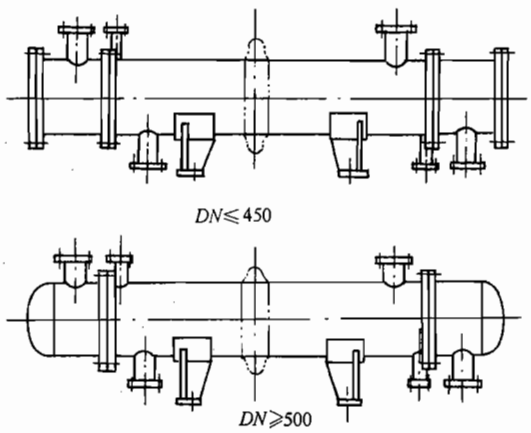
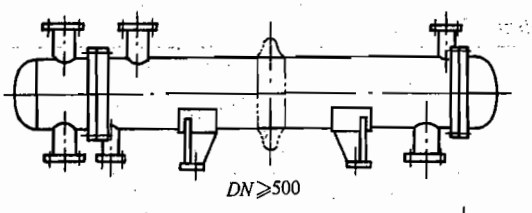


图 35-125 单管程卧式换热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



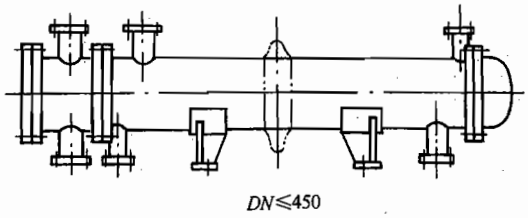


图 35-126 多管程卧式换热器

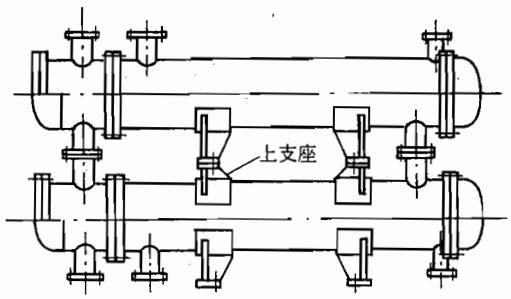


图 35-127 卧式重叠式换热器

6.2 立式热虹吸式重沸器（JB/T 4716—1992）

6.2.1 基本参数

① 公称压力 *PN*0.25～1.6MPa。公称直径 *DN*400～1800mm。换热管长度 *L*1500～3000mm。

② 换热管规格和排列形式见表 35-128。ϕ25、ϕ38 管径重沸器基本参数见表 35-129、表 35-130。

表 35-128 换热管规格和排列形式 /mm

外径×壁厚		排列形式	管心距
碳钢、低合金钢	不锈钢		
ϕ25×2.5	ϕ25×2	正三角形	32
ϕ38×3	ϕ38×2.5		48

③ 支持板间距 *DN*≤600 时 300、500mm；700≤*DN*≤800 时 600、1000mm。

④ 计算换热面积由式（35-27）确定。

$$A=\pi dn(L-2\delta-0.006) \qquad (35\text{-}27)$$

式中 A——计算换热面积，m^2；

d——换热管外径，m；

n——换热管根数；

L——换热管长度，m；

δ——管板厚度，m（假定为 0.05m）。

表 35-129 ϕ25 管径重沸器基本参数

公称直径 *DN* /mm	公称压力 *PN* /MPa	管程数 *N*	管子根数 *n*	中心排管数	管程流通面积/m^2		计算换热面积 A/m^2 换热管长度 L/mn			
					ϕ25×2	ϕ25×2.5	1500	2000	2500	3000
400	1.00	1	98	12	0.0339	0.0308	10.8	14.6	18.4	—
500	1.60		174	14	0.0603	0.0546	19.0	26.0	32.7	—
600			245	17	0.0849	0.0769	26.8	36.5	46.0	—
700	0.25		355	21	0.1230	0.1115	38.3	52.8	66.7	80.8
800	0.60		467	23	0.1618	0.1466	51.1	69.4	87.8	106
900	1.00		605	27	0.2095	0.1900	66.2	90.0	113	137
1000	1.60		740	30	0.2594	0.2352	82.0	111	140	170
(1100)			931	33	0.3225	0.2923	102	138	175	211
1200			1115	37	0.3862	0.3501	122	165	209	253
(1300)			1301	39	0.4506	0.4085	142	193	244	295
1400			1547	43	0.5358	0.4858	—	230	290	351
(1500)			1753	45	0.6072	0.5504	—	—	329	398
1600			2023	47	0.7007	0.6352	—	—	380	460
(1700)			2245	51	0.7776	0.7049	—	—	422	510
1800			2559	55	0.8863	0.8035	—	—	481	581

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-130 ϕ38 管径重沸器基本参数

公称直径 DN /mm	公称压力 PN /MPa	管程数 N	管子根数 n	中心排管数	管程流通面积/m²		计算换热面积 A/m²（换热管长度 L/mn）			
					ϕ38×2.5	ϕ38×3	1500	2000	2500	3000
400	1.00 1.60	1	51	7	0.0436	0.0410	8.5	11.6	14.6	—
500			69	9	0.0590	0.0555	11.5	15.6	19.8	—
600			115	11	0.0982	0.0942	19.2	26.1	32.9	—
700	0.25 0.60 1.00 1.60		169	13	0.136	0.128	26.6	36.0	45.5	55.0
800			205	15	0.175	0.165	34.2	46.5	58.7	70.9
900			259	17	0.221	0.208	43.3	58.7	74.2	89.6
1000			355	19	0.303	0.285	59.3	80.5	102	123
(1100)			419	21	0.358	0.337	70.0	95.0	120	145
1200			503	23	0.430	0.404	84.0	114	144	174
(1300)			587	25	0.502	0.472	90.1	133	168	203
1400			711	27	0.608	0.572	—	161	204	246
(1500)			813	31	0.696	0.654	—	—	233	281
1600			945	33	0.808	0.760	—	—	271	327
(1700)			1059	35	0.905	0.851	—	—	303	366
1800			1177	39	1.006	0.946	—	—	337	407

6.2.2 结构型式

立式热虹吸式重沸器结构型式见图 35-128。ϕ38×3mm 立式热虹吸式重沸器规格和参考质量见表 35-131。

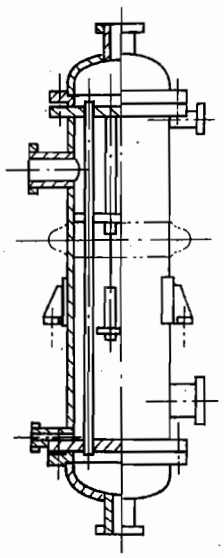


图 35-128 立式热虹吸式重沸器

6.3 浮头式换热器、冷凝器（JB/T 4714—1992）

6.3.1 基本参数

① 公称压力 浮头式换热器 1.0～6.4MPa，冷凝器 1.0～4.0 MPa

② 公称直径

a. 换热器 内导流卷制圆筒 400～1800mm；钢管制圆筒 325、426mm。

外导流卷制圆筒 500～1000mm。

b. 冷凝器卷制圆筒 400～1800mm；钢管制圆筒 426mm。

③ 换热管有光管和螺纹管。

④ 换热管长度为 3～9m。

⑤ 换热管规格和排列形式见表 35-132。

⑥ 浮头式换热器折流板（支持板）间距 S（见表 35-133）。

⑦ 内导流换热器和冷凝器的主要参数见表 35-134。

⑧ 外导流换热器的主要参数见表 35-135。

⑨ 计算换热面积由式（35-28）确定。

$$A=\pi d(L-2\delta-0.006)n \qquad (35\text{-}28)$$

式中 A——计算换热面积，m²；

d——换热管外径，m；

L——换热管长度，m；

δ——管板厚度，m；

n——换热管排管数。

6.3.2 结构型式

(1) 浮头式换热器、重叠式换热器（见图 35-129、图 35-130）

(2) 浮头式冷凝器、重叠式冷凝器（见图 35-131、图 35-132）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-131 ϕ38×3mm 立式热虹吸式重沸器规格和参考质量

DN/mm	PN/MPa	管程数	换热管数量	管程流通面积/m²	换热面积/m²				设备质量/kg			
					1.5m	2m	2.5m	3m	1.5m	2m	2.5m	3m
400	1.0 1.6	I	51	0.0410	8	11	14		533 565	650 680	766 800	
600	1.0 1.6	I	117	0.0940	19	26	33		1174 1184	1240 1376	1472 1620	
800	0.6 1.0 1.6	I	205	0.1648	34	46	58	71	1985 1885 2200	2354 2255 2563	2725 2625 2936	3130 3120 3342
1000	0.6 1.0 1.6	I	355	0.2854	59	80	101	122	2812 3250 3420	3428 3860 4055	4035 4473 4667	4700 5138 5333
1200	0.6 1.0 1.6	I	505	0.4059	84	114	144	175	3900 4585 4742	4737 5420 5577	5573 6257 6416	6485 7170 7325
1400	0.6 1.0 1.6	I	711	0.5715		161	204	246		7158 7310 7695	8290 8446 8864	9425 9580 9994
1600	0.6 1.0 1.6	I I	945 945	0.7612 0.7612			271 271	328 328			10786 11016 11097	12207 12525 12604
1800	0.6 1.0 1.6	I	1177	0.9493			338	408			13495 13606 13784	15240 15452 15632

注：表中 1.5m、2m、2.5m、3m 为换热管的长度。

表 35-132 换热管规格和排列形式

外径×壁厚/(mm×mm)		排列形式	管心距/mm	外径×壁厚/(mm×mm)		排列形式	管心距/mm
碳钢	不锈钢			碳钢	不锈钢		
ϕ19×2	ϕ19×2	正三角形 正方形 正方形转 45°	25	ϕ25×2.5	ϕ25×2	正三角形 正方形 正方形转 45°	32

表 35-133 浮头式换热器折流板间距 /mm

换热管长度 L/m	DN	S	换热管长度 L/m	DN	S
3	≤700	100，150，200	6	400～1100	150，200，250，300，350，450（或 480）
4.5	≤700	100，150，200		1200～1800	200，250，300，350，450（或 480）
	800～1200	150，200，250，300，450（或 480）	9	1200～1800	300，350，450，600

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-134 内导流换热器和冷凝器的主要参数

DN /mm	N	中心排管数 n				管程流通面积/m²			换热面积 A/m²							
		d/mm				d×δt/(mm×mm)			L=3m		L=4.5m		L=6m		L=9m	
		19	25	19	25	19×2	25×2	25×2.5	19	25	19	25	19	25	19	25
325	2	60	32	7	5	0.0053	0.0055	0.0050	10.5	7.4	15.8	11.1	—	—	—	—
	4	52	28	6	4	0.0023	0.0024	0.0022	9.1	6.4	13.7	9.7	—	—	—	—
426	2	120	74	8	7	0.0106	0.0126	0.0116	20.9	16.9	31.6	25.6	42.3	34.4	—	—
400	4	108	68	9	6	0.0048	0.0059	0.0053	18.8	15.6	28.4	23.6	38.1	31.6	—	—
500	2	206	124	11	8	0.0182	0.0215	0.0194	35.7	28.3	54.1	42.8	72.5	57.4	—	—
	4	192	116	10	9	0.0085	0.0100	0.0091	33.2	26.4	50.4	40.1	67.6	53.7	—	—
600	2	324	198	14	11	0.0286	0.0343	0.0311	55.8	44.9	84.8	68.2	113.9	91.5	—	—
	4	308	188	14	10	0.0136	0.0163	0.0148	53.1	42.6	80.7	64.8	108.2	86.9	—	—
	6	284	158	14	10	0.0083	0.0091	0.0083	48.9	35.8	74.4	54.4	99.8	73.1	—	—
700	2	468	268	16	13	0.0414	0.0464	0.0421	80.4	60.6	122.2	92.1	164.1	123.7	—	—
	4	448	256	17	12	0.0198	0.0222	0.0201	76.9	57.8	117.0	87.9	157.1	118.1	—	—
	6	382	224	15	10	0.0112	0.0129	0.0116	65.6	50.6	99.8	76.9	133.9	103.4	—	—
800	2	610	366	19	15	0.0539	0.0634	0.0575	—	—	158.9	125.4	213.5	168.5	—	—
	4	588	352	18	14	0.0260	0.0305	0.0276	—	—	153.2	120.6	205.8	162.1	—	—
	6	518	316	16	14	0.0152	0.0182	0.0165	—	—	134.9	108.3	181.3	145.5	—	—
900	2	800	472	22	17	0.0707	0.0817	0.0741	—	—	207.6	161.2	279.2	216.8	—	—
	4	776	456	21	16	0.0343	0.0395	0.0353	—	—	201.4	155.7	270.8	209.4	—	—
	6	720	426	21	16	0.0212	0.0246	0.0223	—	—	186.9	145.5	251.3	195.6	—	—
1000	2	1006	606	24	19	0.0890	0.105	0.0952	—	—	260.6	206.6	350.6	277.9	—	—
	4	980	588	23	18	0.0433	0.0509	0.0462	—	—	253.9	200.4	341.6	269.7	—	—
	6	892	564	21	18	0.0262	0.0326	0.0295	—	—	231.1	192.2	311.0	258.7	—	—
1100	2	1240	736	27	21	0.1100	0.1270	0.1160	—	—	320.3	250.2	431.3	336.8	—	—
	4	1212	716	26	20	0.0536	0.0620	0.0562	—	—	313.1	243.4	421.6	327.7	—	—
	6	1120	692	24	20	0.0329	0.0399	0.0362	—	—	289.3	235.2	389.6	316.7	—	—
1200	2	1452	880	28	22	0.1290	0.1520	0.1380	—	—	374.4	298.6	504.3	402.2	764.2	609.4
	4	1424	860	28	22	0.0629	0.0745	0.0675	—	—	367.2	291.8	494.6	393.1	749.5	595.6
	6	1348	828	27	21	0.0396	0.0478	0.0434	—	—	347.6	280.9	468.2	378.4	709.5	573.4
1300	4	1700	1024	31	24	0.0751	0.0887	0.0804	—	—	—	—	589.3	467.1	—	—
	6	1616	972	29	24	0.0476	0.0560	0.0509	—	—	—	—	560.2	443.3	—	—
1400	4	1972	1192	32	26	0.0871	0.1030	0.0936	—	—	—	—	682.6	542.9	1035.6	823.6
	6	1890	1130	30	24	0.0557	0.0652	0.0592	—	—	—	—	654.2	514.7	992.5	780.8
1500	4	2304	1400	34	29	0.1020	0.1210	0.1100	—	—	—	—	795.9	636.3	—	—
	6	2252	1332	34	28	0.0663	0.0769	0.0697	—	—	—	—	777.9	605.4	—	—
1600	4	2632	1592	37	30	0.1160	0.1380	0.1250	—	—	—	—	907.6	722.3	1378.7	1097.3
	6	2520	1518	37	29	0.0742	0.0876	0.0795	—	—	—	—	869.0	688.8	1320.0	1047.2
1700	4	3012	1856	40	32	0.1330	0.1610	0.1460	—	—	—	—	1036.1	840.1	—	—
	6	2834	1812	38	32	0.0835	0.0981	0.0949	—	—	—	—	974.9	820.2	—	—
1800	4	3384	2056	43	34	0.1490	0.1780	0.1610	—	—	—	—	1161.3	928.4	1766.9	1412.5
	6	3140	1986	37	30	0.0925	0.1150	0.1040	—	—	—	—	1077.5	896.7	1639.5	1364.4

注：1. 排管数按正方形旋转 45°排列计算。

2. 计算换热面积按光管及公称压力 2.5MPa 的管板厚度确定。

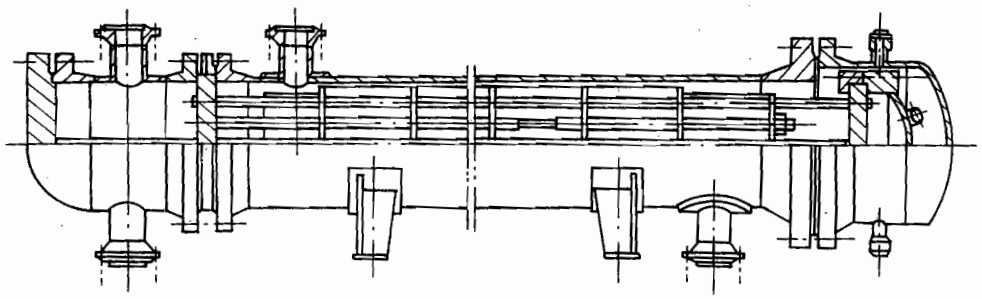
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-135 外导流换热器的主要参数

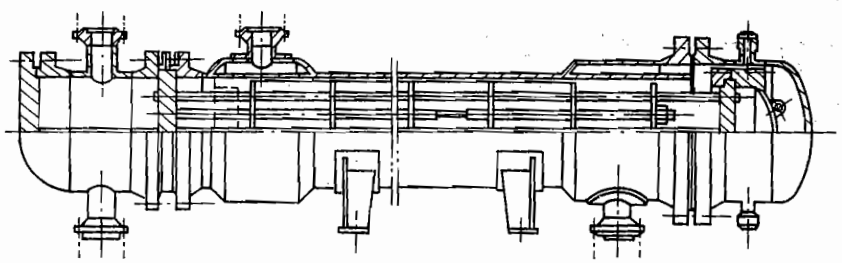
DN /mm	N	中心排管数 n				管程流通面积/m²			A/m²	
		d/mm				$d\times\delta_1$/(mm×mm)			L=6m	
		19	25	19	25	19×2	25×2	25×2.5	19	25
500	2	224	132	13	10	0.0198	0.0229	0.0207	78.8	61.1
	4	218	124	12	10	0.0092	0.0107	0.0161	73.2	57.4
600	2	338	206	16	12	0.0298	0.0357	0.0324	118.8	95.2
	4	320	196	15	12	0.0141	0.0170	0.0154	112.4	90.6
700	2	480	280	18	15	0.0425	0.0485	0.0440	168.3	129.2
	4	460	268	17	14	0.0203	0.0232	0.0210	161.3	123.6
800	2	636	378	21	16	0.0562	0.0655	0.0594	222.6	174.0
	4	612	364	20	16	0.0271	0.0315	0.0285	214.2	167.6
900	2	822	490	24	19	0.0726	0.0848	0.0769	286.9	225.1
	4	796	472	23	18	0.0357	0.0409	0.0365	277.8	216.7
	6	742	452	23	16	0.0217	0.0261	0.0237	259.0	207.5
1000	2	1050	628	26	21	0.0929	0.1090	0.0987	365.9	288.0
	4	1020	608	27	20	0.0451	0.0526	0.0478	355.5	278.9
	6	938	580	25	20	0.0276	0.0335	0.0301	327.0	266.0

注：1. 中心管排数按正方形旋转 45°排列计算。

2. 计算换热面积按光管及公称压力 2.5MPa 的管板厚度确定。



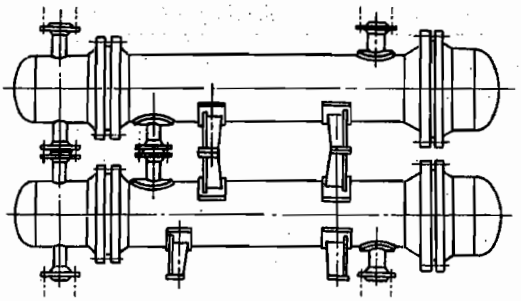
内导流式



外导流式

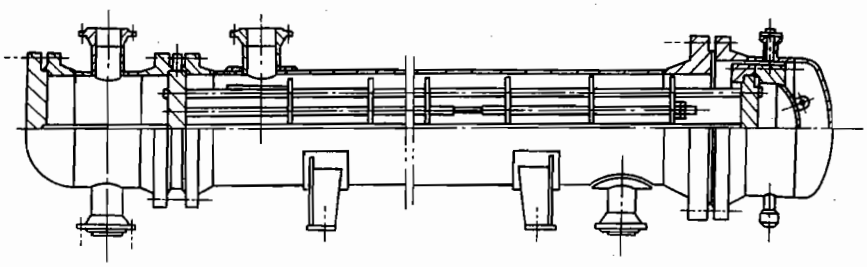
图 35-129 浮头式换热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

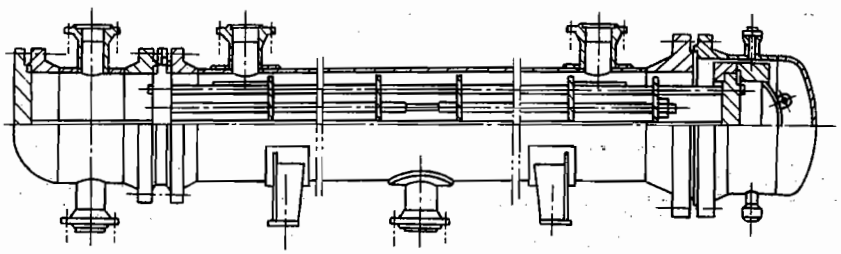


长9m

图 35-130 重叠式换热器

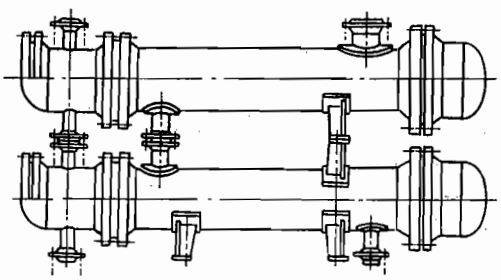


管长 3m 冷凝器 (3m 管长)

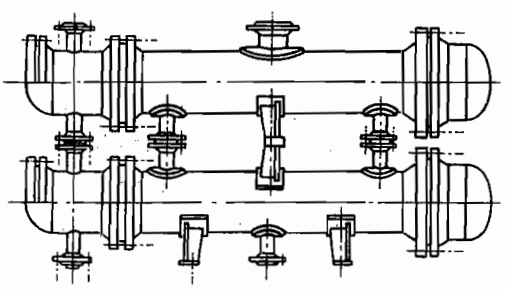


管长6m

图 35-131 浮头式冷凝器



管长 3m



管长6m

图 35-132 重叠式冷凝器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.4 U形管式换热器（JB/T 4717—1992）

6.4.1 基本参数

① 公称压力 PN1.0～6.4MPa。

② 公称直径 DN 钢管制圆筒 325、426mm；卷制圆筒 400～1200mm。

③ 换热管有光管和螺纹管。

④ 换热管长度为 3.6m。

⑤ 换热管规格和排列形式见表 35-136。

表 35-136 换热管规格和排列形式 /mm

外径×壁厚		排列形式	管心距
碳钢、低合金钢	不锈钢		
19×2	19×2	正三角形	25
25×2.5	25×2	正方形转 45°	32

⑥ 折流板（支持板）间距 S 见表 35-137。

表 35-137 折流板间距 /mm

L/m	DN	S
3	≤600	150,200
6	≤600	150,200,300
	700～900	150,200,300,450
	1000～1200	250,300,350,450

⑦ 基本参数组合见表 35-138。

⑧ 计算换热面积，由式（35-29）确定。

$$A=\pi d(L-\delta-0.003)n \qquad (35\text{-}29)$$

式中 A——计算换热面积，m^2；

d——换热管外径，mm；

L——换热管长度，m；

δ——管板厚度，m；

n——换热管排管数。

表 35-138 U形管式换热器基本参数组合

DN /mm	N	中心排管数 n				管程流通面积/m^2			换热面积 A/m^2			
		d/mm				$d\times\delta_t$/(mm×mm)			L=3m		L=6m	
		19	25	19	25	19×2	25×2	25×2.5	19	25	19	25
325	2	38	13	11	6	0.0067	0.0045	0.0041	13.4	6.0	27.0	12.1
	4	30	12	5	5	0.0027	0.0021	0.0019	10.6	5.6	21.3	11.2
426	2	77	32	15	8	0.0136	0.0111	0.0100	26.9	14.7	54.5	29.8
400	4	68	28	8	7	0.0060	0.0048	0.0044	23.8	12.9	48.2	26.1
500	2	128	57	19	10	0.0227	0.0197	0.0179	44.6	26.1	90.5	53.0
	4	114	56	10	9	0.0101	0.0097	0.0088	39.7	25.7	80.5	52.1
600	2	199	94	23	13	0.0352	0.0326	0.0295	69.1	42.9	140.3	87.2
	4	184	90	12	11	0.0163	0.0155	0.0141	63.9	41.1	129.7	83.5
700	2	276	129	27	15	0.0492	0.0453	0.0411	—	—	194.1	119.4
	4	258	128	12	13	0.0228	0.0221	0.0201	—	—	181.4	118.4
800	2	367	182	31	17	0.0650	0.0630	0.0571	—	—	257.7	168.0
	4	346	176	16	15	0.0306	0.0304	0.0276	—	—	242.8	162.5
900	2	480	231	35	19	0.0850	0.0800	0.0725	—	—	336.2	212.8
	4	454	226	16	17	0.0402	0.0391	0.0355	—	—	317.8	208.2
1000	2	603	298	39	21	0.1067	0.1032	0.0936	—	—	421.5	273.9
	4	576	292	20	19	0.0510	0.0505	0.0458	—	—	402.4	268.4
1100	2	738	363	43	24	0.1306	0.1257	0.1140	—	—	514.6	332.9
	4	706	356	20	21	0.0625	0.0616	0.0559	—	—	492.2	326.5
1200	2	885	436	47	26	0.1566	0.1510	0.1369	—	—	615.8	399.0
	4	852	428	24	21	0.0754	0.0741	0.0672	—	—	592.6	391.7

注：1. 中心排管数 n 系指 U 形管的数量，ϕ19 的换热管按正三角形排列，ϕ25 的换热管按正方形旋转 45°排列。

2. 计算换热面积系按光管及管、壳程公称压力 4.0MPa 的管板厚度确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.4.2 结构型式

结构型式见图 35-133、图 35-134。

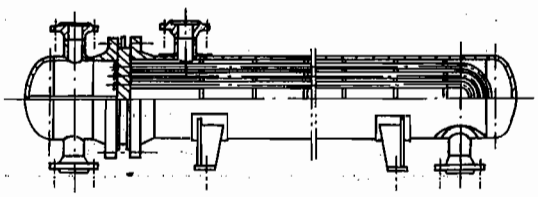


图 35-133 卧式 U 形管式换热器

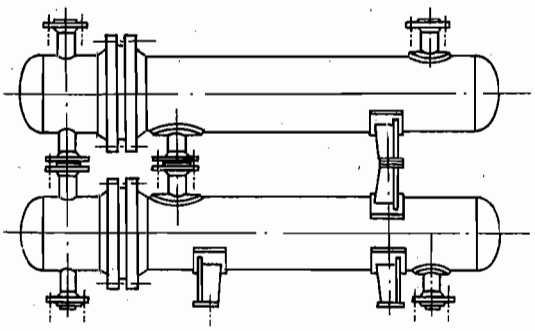


图 35-134 重叠式 U 形管式换热器

6.5 钢制固定式薄管板列管换热器（HG 21503—1992）

6.5.1 设计参数

① 公称压力 *PN*0.6～2.5MPa(真空按 1.0MPa 级)。

② 公称直径 *DN*150～1000mm。

③ 设计温度 *T*－19～＋350℃。

④ 公称换热面积 *FN*1.0～365m²。

⑤ 换热管直径为碳钢 ϕ25mm×2.5mm、ϕ25mm×2mm；不锈钢 ϕ25mm×2mm。

⑥ 换热管长度 *L*1500～6000mm。

6.5.2 主要材料

(1) 壳体材料

碳钢 20，Q235-A，20R，16MnR；不锈钢 0Cr19Ni9，0Cr17Ni12Mo2。

(2) 换热管材料

碳钢 20；不锈钢 0Cr18Ni9Ti，0Cr18Ni12Mo2Ti；如采用其他材料时，应在订货中注明。

6.5.3 参数组合

钢制固定式薄管板列管换热器的参数组合见表 35-139，各级温度下的允许最高压力见表 35-140。

表 35-139 钢制固定式薄管板列管换热器的参数组合

公称直径 *DN*/mm	管程数	管子数量	管子长度 *l*/mm					管程通道截面积/m²	管程流速为 0.5m/s 时的流量/(m³/h)	公称压力 *PN*/MPa
			1500	2000	3000	4000	6000			
			换热面积/m²（公称值/计算值）					$\frac{\phi25\times2.5}{\phi25\times2}$		
150	Ⅰ	10	1/1.15	1.5/1.55	2/2.33			0.0031/0.0035	5.65/6.23	0.6 1.0 1.6 2.5
200	Ⅰ	22	2.5/2.54	3/3.40	5/5.13	7/6.86		0.0069/0.0076	12.44/13.72	
	Ⅱ	18	2/2.08	3/2.79	4/4.20	6/5.61		0.0028/0.0031	5.09/5.61	
250	Ⅰ	40	5/4.62	6/6.19	9/9.33	12/12.47	19/17.82	0.0126/0.0139	22.62/24.94	
	Ⅱ	36	4/4.16	6/5.57	8/8.40	11/11.22	17/16.88	0.0057/0.0062	10.18/11.22	
300	Ⅰ	64	7/7.39	10/9.90	15/14.93	20/19.96	30/30.01	0.0201/0.0222	36.19/39.90	
	Ⅱ	56	6/6.47	9/8.66	13/13.06	17/17.46	26/26.26	0.0088/0.0097	15.83/17.46	
400	Ⅰ	103	12/11.89	16/15.94	24/24.03	32/32.12	50/48.29	0.0324/0.0357	58.25/64.22	
	Ⅱ	96	11/11.08	15/14.85	22/22.39	30/29.93	45/45.01	0.0151/0.0166	27.14/29.93	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

公称直径 DN /mm	管程数	管子数量	管子长度 l/mm					管程通道截面积/m²	管程流速为0.5m/s时的流量/(m³/h)	公称压力 PN /MPa
			1500	2000	3000	4000	6000			
			换热面积/m²(公称值/计算值)						φ25×2.5 / φ25×2	
500	Ⅰ	179			40/41.75	55/55.81	85/83.93	0.0562/0.0620	101.22/111.60	
	Ⅱ	170			40/39.65	55/53.01	80/79.71	0.0267/0.0294	48.07/52.99	
600	Ⅰ	254			60/59.25	80/79.20	120/119.1	0.0798/0.0880	143.63/158.36	
	Ⅱ	244			55/56.92	75/76.08	115/114.4	0.0383/0.0423	68.99/76.06	
700	Ⅰ	366			85/85.37	115/114.1	170/171.6	0.1150/0.1268	206.97/228.18	
	Ⅱ	342			80/79.78	105/106.6	160/160.4	0.0537/0.0592	96.70/106.61	0.6 1.0 1.6 2.5
800	Ⅰ	491			115/114.5	155/153.1	230/230.2	0.1543/0.1701	277.65/306.11	
	Ⅱ	472			110/110.1	145/147.2	220/221.3	0.0741/0.0817	133.45/147.13	
900	Ⅰ	615			145/143.5	190/191.8	290/288.4	0.1932/0.2130	347.77/383.42	
	Ⅱ	592			140/138.1	185/184.5	280/277.6	0.0930/0.1025	167.38/184.54	
1000	Ⅰ	775			180/180.8	240/241.7	365/363.4	0.2435/0.2684	438.25/483.17	
	Ⅱ	758			175/176.8	235/236.4	355/355.4	0.1191/0.1313	214.32/236.29	

表 35-140 各级温度下的允许最高压力

公称压力 PN /MPa	材料类别	设计温度/℃				
		≤100	200	250	300	350
		允许最高工作压力/MPa				
0.6	碳钢	0.6	0.6	0.54	0.49	0.44
	奥氏体不锈钢	0.6	0.6	0.56	0.51	0.49
1.0	碳素钢	1.00	1.00	0.89	0.82	0.73
	奥氏体不锈钢	1.00	1.00	0.95	0.86	0.82
1.6	碳素钢、低合金钢	1.60	1.60	1.43	1.31	1.19
	奥氏体不锈钢	1.60	1.60	1.50	1.37	1.31
2.5	碳素钢、低合金钢	2.50	2.50	2.24	2.05	1.87
	奥氏体不锈钢	2.50	2.50	2.35	2.14	2.05

6.5.4 结构型式

(1) 焊入式（管板焊于法兰面下方的筒体上）固定薄板列管换热器（见图 35-135）

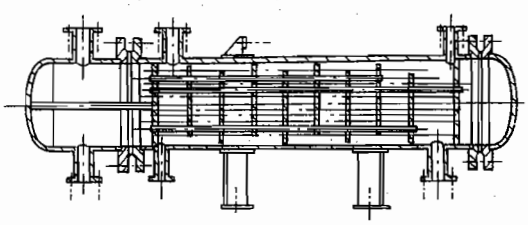


图 35-135 焊入式固定薄板列管换热器

(2) 贴面式（管板贴于法兰密封面上）固定薄板列管换热器（见图 35-136）

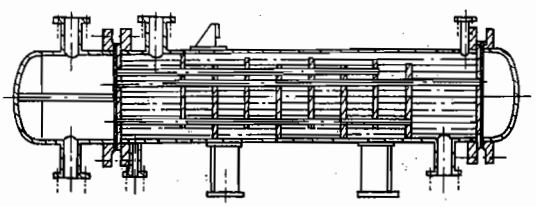


图 35-136 贴面式固定薄板列管换热器

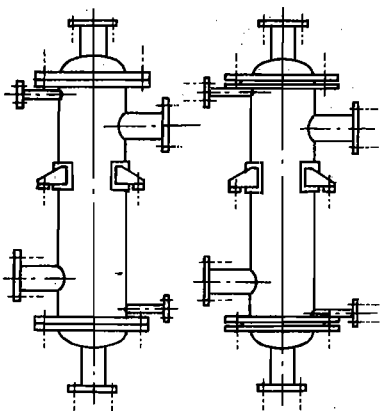
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.5.5 安装型式

(1) 立式安装（见图 35-137、图 35-138）

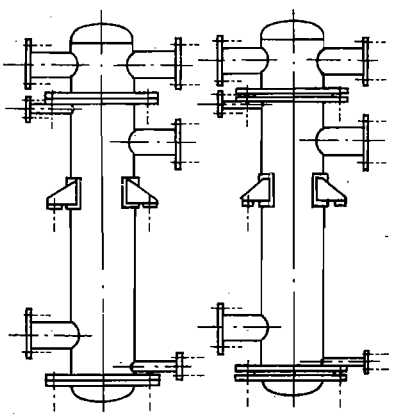
(2) 卧式安装（见图 35-139、图 35-140）

(3) 重叠式安装（见图 35-141）



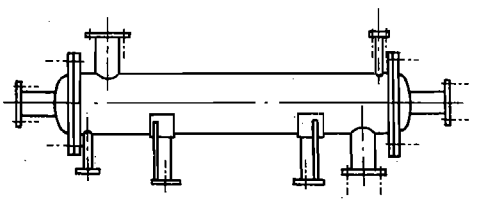
焊入式　　贴面式

图 35-137　立式单管程

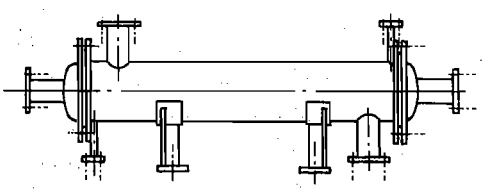


焊入式　　贴面式

图 35-138　立式双管程

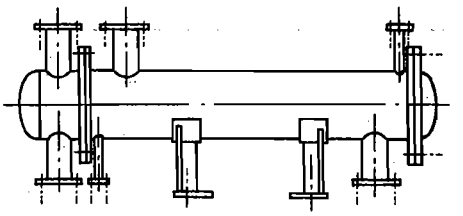


焊入式

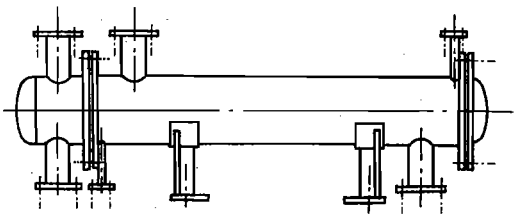


贴面式

图 35-139　卧式单管程

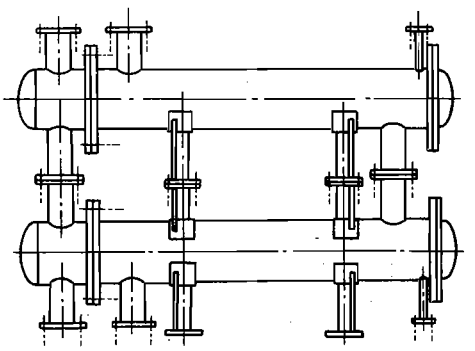


焊入式

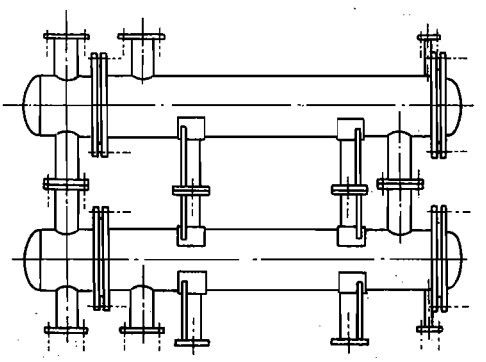


贴面式

图 35-140　卧式双管程



焊入式



贴面式

图 35-141　重叠式安装

6.5.6 允许壁温差

本标准壁温差是指沿长度的平均壳程圆筒金属温度与沿长度的平均换热管金属温度之差（Δt）。材料：壳程和管程均为碳钢（简称 CC），壳程和管程均为奥氏体不锈钢（简称 SS），壳程为碳钢、管程为奥氏体

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

(简称CS)，壳程为奥氏体不锈钢、管程为碳钢（简称SC)。换热管壁温 t_t 高于壳程圆筒壁温 t_s（即 $t_t>t_s$）或换热管壁温 t_t 低于壳程圆筒壁温 t_s（即 $t_t<t_s$)。

允许壁温差 Δt 见表35-141～表35-164，表中所列值均为以换热管壁温200℃为基准的各工况组合时的允许壁温差。表中值为100℃者，实际均为允许壁温差大于100℃。表中值为0者，只适用于冷凝器。当换热管壁温低于200℃时，允许壁温差大于表中列值。当使用壁温差超过允许壁温差或换热管壁温高于基准温度时，可以与制造厂协商。

表35-141 单管程CC材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	65	62	55	48	42	—	—	100
200	71	68	60	52	45	—	—	96
250	72	68	61	56	45	35	20	95
300	88	83	74	65	55	43	25	80
400	100	100	100	91	78	60	35	64
500	—	100	100	100	100	77	44	57
600	—	100	100	100	100	88	51	54
700	—	100	100	100	100	100	61	51
800	—	—	100	100	100	94	54	53
900	—	—	100	100	100	100	59	52
1000	—	—	100	100	100	100	66	50

表35-142 单管程CC材料允许壁温差 /℃

PN 1.0MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	67	63	56	49	43	—	—	100
200	73	69	61	54	46	—	—	97
250	74	70	62	59	47	36	22	96
300	90	85	75	66	57	44	26	81
400	100	100	100	93	80	62	37	65
500	—	100	100	100	100	80	47	58
600	—	100	100	100	100	92	54	55
700	—	100	100	100	100	100	65	52
800	—	—	100	100	100	98	58	54
900	—	—	100	100	100	100	63	52
1000	—	—	100	100	100	100	70	50

表35-143 单管程CC材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	69	65	59	51	44	—	—	100
200	75	71	63	56	48	—	—	98
250	75	72	64	53	48	38	23	97
300	92	87	78	68	59	46	28	82
400	100	100	100	97	84	66	41	70
500	—	100	100	100	100	84	52	59
600	—	100	100	100	100	97	60	60
700	—	100	100	100	100	100	71	57
800	—	—	100	100	100	100	63	55
900	—	—	100	100	100	100	69	57
1000	—	—	100	100	100	100	77	55

表35-144 单管程CC材料允许壁温差 /℃

PN 2.5MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	72	68	61	54	47	—	—	100
200	78	74	66	59	51	—	—	100
250	78	74	67	54	51	41	26	99
300	95	90	81	71	62	49	31	84
400	100	100	100	100	90	71	46	72
500	—	100	100	100	100	91	58	65
600	—	100	100	100	100	83	53	68
700	—	100	100	100	100	97	62	63
800	—	—	100	100	100	92	58	65
900	—	—	100	100	100	100	64	63
1000	—	—	100	100	100	95	60	64

表35-145 单管程SC或SS材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	34	33	30	27	24	—	—	66
200	37	35	32	29	26	—	—	60
250	37	36	33	29	26	23	15	60
300	44	42	39	35	31	28	17	49
400	72	70	65	59	52	46	30	32
500	—	90	82	74	67	59	38	28
600	—	99	93	85	76	67	43	26
700	—	100	100	100	90	80	51	24
800	—	—	96	91	81	72	46	26
900	—	—	100	97	89	78	50	24
1000	—	—	100	100	99	87	56	23

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-146 单管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.3MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	35	34	31	28	25	—	—	67
200	38	36	33	30	27	—	—	61
250	38	36	34	30	27	24	16	60
300	45	43	40	36	32	29	18	50
400	74	73	67	61	55	49	32	33
500	—	92	85	77	70	62	41	29
600	—	100	96	89	80	71	47	27
700	—	100	100	100	94	84	55	25
800	—	—	100	94	85	75	50	26
900	—	—	100	100	93	82	54	25
1000	—	—	100	100	100	91	60	24

表 35-147 单管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	37	35	32	29	27	—	—	69
200	39	38	35	32	28	—	—	62
250	39	38	35	32	29	25	17	62
300	46	45	43	38	34	30	20	51
400	77	76	70	64	58	52	36	34
500	—	97	89	82	74	66	45	30
600	—	86	81	74	67	60	41	32
700	—	100	95	87	79	71	48	29
800	—	—	85	79	71	63	43	31
900	—	—	93	84	78	69	47	29
1000	—	—	86	78	71	64	43	31

表 35-148 单管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 2.5MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	39	37	34	31	29	—	—	72
200	41	40	37	34	31	—	—	65
250	41	40	37	34	31	27	19	64
300	49	47	44	40	36	33	22	53
400	67	66	61	56	51	46	33	41
500	—	67	62	57	52	46	32	41
600	—	73	69	64	59	53	37	38
700	—	72	68	63	57	52	36	38
800	—	—	76	71	64	58	41	32
900	—	—	72	66	61	55	38	37
1000	—	—	71	64	59	53	42	37

表 35-149 单管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	0	0	0	0	0	—	—	100
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	0	0	2	0	0	0	0	100
500	—	27	19	11	3	0	0	100
600	—	36	30	22	12	3	0	100
700	—	55	47	37	26	15	0	100
800	—	—	34	27	17	7	0	100
900	—	—	37	33	25	14	0	100
1000	—	—	49	44	28	23	0	100

表 35-150 单管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.0MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	0	0	0	0	0	—	—	100
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	0	0	4	0	0	0	0	100
500	—	29	22	14	6	0	0	100
600	—	39	33	25	16	7	0	100
700	—	59	51	41	30	19	0	100
800	—	—	37	30	20	11	0	100
900	—	—	41	37	28	18	0	100
1000	—	—	53	48	39	27	0	100

表 35-151 单管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	0	0	0	0	0	—	—	100
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	0	13	7	1	0	0	0	100
500	—	34	26	18	10	2	0	100
600	—	45	38	30	21	12	0	100
700	—	65	57	47	36	25	0	100
800	—	—	42	35	25	16	0	100
900	—	—	47	43	34	23	0	100
1000	—	—	59	55	45	33	1	100

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-152 单管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 2.5MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
150	0	0	0	0	0	—	—	100
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	0	18	12	6	0	0	0	100
500	—	40	32	24	16	8	0	100
600	—	28	23	16	9	2	0	100
700	—	44	38	30	21	13	0	100
800	—	—	30	25	17	8	0	100
900	—	—	35	31	24	15	0	100
1000	—	—	30	27	20	11	0	100

表 35-153 双管程 CC 材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	63	60	53	47	40	—	—	100
250	69	65	58	51	44	34	19	97
300	80	75	67	58	50	39	22	84
400	100	100	98	85	73	56	33	65
500	—	100	100	100	95	73	42	58
600	—	100	100	100	100	85	49	55
700	—	100	100	100	100	99	57	52
800	—	—	100	100	100	90	52	54
900	—	—	100	100	100	99	57	52
1000	—	—	100	100	100	100	65	50

表 35-154 双管程 CC 材料允许壁温差 /℃

PN 1.0MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	65	61	55	48	41	—	—	100
250	70	66	59	52	45	35	21	97
300	81	77	68	60	51	40	24	85
400	100	100	100	88	75	59	35	66
500	—	100	100	100	98	76	38	59
600	—	100	100	100	100	88	52	55
700	—	100	100	100	100	100	61	52
800	—	—	100	100	100	94	55	54
900	—	—	100	100	100	100	61	53
1000	—	—	100	100	100	100	69	51

表 35-155 双管程 CC 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	67	63	57	50	43	—	—	100
250	72	68	61	54	46	36	22	99
300	83	79	70	62	53	42	26	86
400	100	100	100	91	79	62	39	68
500	—	100	100	100	100	80	49	60
600	—	100	100	100	100	93	58	61
700	—	100	100	100	100	100	67	58
800	—	—	100	100	100	99	61	56
900	—	—	100	100	100	100	67	58
1000	—	—	100	100	100	100	75	56

表 35-156 双管程 CC 材料允许壁温差 /℃

PN 2.5MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	69	66	59	53	46	—	—	100
250	74	71	63	56	49	39	25	100
300	86	82	73	65	56	45	29	90
400	100	100	100	97	84	68	44	74
500	—	100	100	100	100	87	56	66
600	—	100	100	100	100	79	51	68
700	—	100	100	100	100	92	59	65
800	—	—	100	100	100	88	56	65
900	—	—	100	100	100	97	62	63
1000	—	—	100	100	100	93	59	64

表 35-157 双管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	33	32	29	26	23	—	—	67
250	35	34	31	28	25	22	14	61
300	40	38	35	32	29	25	16	53
400	67	66	61	55	49	44	28	33
500	—	85	78	71	64	56	36	29
600	—	95	89	82	73	65	42	27
700	—	100	100	95	85	75	49	25
800	—	—	93	87	78	69	44	26
900	—	—	97	94	86	76	49	25
1000	—	—	100	100	96	85	55	24

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-158 双管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.0MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	34	33	30	27	24	—	—	68
250	36	35	32	29	26	23	15	62
300	41	40	36	33	30	26	17	54
400	69	68	63	57	52	46	30	34
500	—	88	81	74	66	59	39	30
600	—	99	93	85	77	68	45	27
700	—	100	100	99	89	79	53	26
800	—	—	96	91	81	72	48	27
900	—	—	100	97	89	79	53	26
1000	—	—	100	100	100	89	59	24

表 35-159 双管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	35	34	31	29	26	—	—	70
250	37	36	33	30	27	24	16	63
300	42	41	38	34	31	28	18	55
400	73	72	67	61	55	49	34	35
500	—	92	85	78	71	63	43	31
600	—	82	78	72	65	58	40	32
700	—	95	89	83	75	67	46	30
800	—	—	82	76	68	61	41	31
900	—	—	89	81	75	67	46	30
1000	—	—	83	76	70	62	42	31

表 35-160 双管程 SC 或 SS 材料允许壁温差 /℃

PN 2.5MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	38	36	34	31	28	—	—	73
250	39	38	35	32	29	26	18	65
300	45	43	40	37	33	30	21	57
400	63	62	58	53	49	44	31	43
500	—	64	59	54	49	46	31	42
600	—	71	67	62	56	51	36	39
700	—	68	64	60	54	49	34	39
800	—	—	73	68	62	56	39	36
900	—	—	70	63	59	53	37	38
1000	—	—	68	62	58	52	36	38

表 35-161 双管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 0.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	6	5	0	0	0	0	0	100
500	—	24	16	9	1	0	0	100
600	—	34	27	19	10	2	0	100
700	—	49	42	33	22	12	0	100
800	—	—	30	25	15	6	0	100
900	—	—	35	31	23	12	0	100
1000	—	—	47	43	33	21	0	100

表 35-162 双管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.0MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	8	7	1	0	0	0	0	100
500	—	27	19	11	4	0	0	100
600	—	37	31	23	14	5	0	100
700	—	53	46	37	26	16	0	100
800	—	—	34	28	18	9	0	100
900	—	—	39	35	26	16	0	100
1000	—	—	52	47	37	26	0	100

表 35-163 双管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t>t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t<t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	12	10	5	0	0	0	0	100
500	—	31	23	16	8	0	0	100
600	—	42	36	28	19	10	0	100
700	—	59	52	43	32	22	0	100
800	—	—	39	33	23	14	0	100
900	—	—	45	41	32	22	0	100
1000	—	—	58	54	44	32	0	100

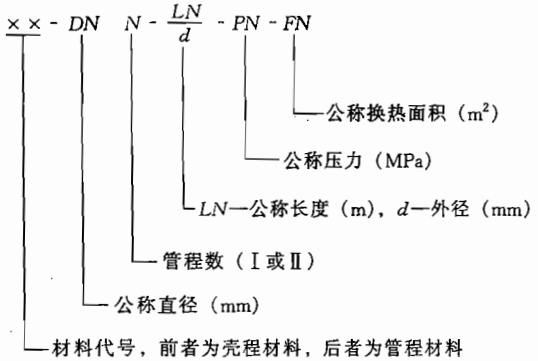
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-164 双管程 CS 材料允许壁温差 /℃

PN 1.6MPa	$t_t > t_s$ 折流板间距/mm							Δt ($t_t < t_s$)
DN	150	200	300	400	500	600	800	
200	0	0	0	0	0	—	—	100
250	0	0	0	0	0	0	0	100
300	0	0	0	0	0	0	0	100
400	17	16	10	4	0	0	0	100
500	—	37	30	22	14	6	0	100
600	—	26	21	15	8	1	0	100
700	—	40	34	27	18	10	0	100
800	—	—	28	23	15	7	0	100
900	—	—	33	30	23	14	0	100
1000	—	—	29	26	19	10	0	100

6.5.7 型号标记

换热器型号由六个部分组成



材料代号

CC——管子、管板、管箱和壳体均为碳钢、低合金钢材料；

SS——管子、管板、管箱和壳体均为奥氏体不锈钢材料；

CS——壳体为碳素钢、低合金钢；管子、管箱和管板为奥氏体不锈钢；

SC——壳体、管子和管板为奥氏体不锈钢；管箱为碳钢、低合金钢。

标记示例 某换热器，公称直径为 *DN*800mm，公称压力为 *PN*1.6MPa，双管程，公称换热面积为 145m²，换热管直径为 25mm，公称长度为 4m，管程为碳钢，壳程为奥氏体不锈钢，可表示为

$$\text{SC-800}\,\text{Ⅱ}-\frac{4}{25}-1.6-145$$

6.6 板式换热器（GB 16409—1996）

板式换热器是一种新型的换热设备。具有结构紧凑、占地面积小、传热效率高和操作方便等优点，并有处理微小温差的能力。

6.6.1 基本参数

(1) 设计压力

PN≤2.5MPa。

(2) 设计温度 *T*

按垫片材料允许的使用温度。

(3) 换热面积

单板计算换热面积为垫片内侧参与传热部分的波纹展开面积，单板公称换热面积为圆整后的单板计算换热面积。

(4) 流程组合

板式换热器内流道和流程可按式（35-30）方式配置。

$$\frac{M_1\times N_1+M_2\times N_2+\cdots+M_i\times N_i}{m_1\times n_1+m_2\times n_2+\cdots+m_i\times n_i} \qquad (35\text{-}30)$$

式中 M_1，M_2，…，M_i——从固定压紧板开始，热流体侧流道数相同的流程数；

N_1，N_2，…，N_i——M_1，M_2，…，M_i 流程中对应的流道数；

m_1，m_2，…，m_i——从固定压紧板开始，冷流体侧流道数相同的流程数；

n_1，n_2，…，n_i——m_1，m_2，…，m_i 流程中对应的流道数。

示例

$\frac{2\times3+1\times4}{1\times10}$表示热流体有 3 个流程，第一程 3 个流道，第二程 3 个流道，第三程 4 个流道；冷流体有 1 个流程，10 个流道，见图 35-142。各种流程灵活组合，可通过增减板片或更换几块不同通道孔的板片来改变流程组合。



图 35-142 流程组合示例

6.6.2 分类和结构型式

板式换热器的结构型式见图 35-143，板片波纹型式见表 35-165，板式换热器框架型式见表 35-166。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

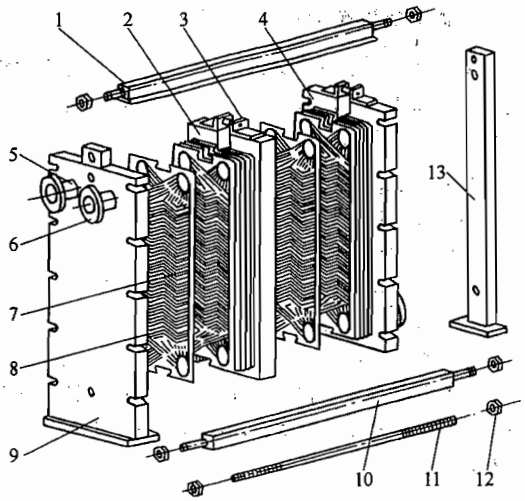


图 35-143 板式换热器

1—上导杆；2—中间隔板；3—滚动机构；4—活动压紧板；5—接管；6—法兰；7—垫片；8—板片；9—固定压紧板；10—下导杆；11—夹紧螺柱；12—螺母；13—支柱

表 35-165 板式换热器板片波纹型式

波纹型式	代号
人字形波纹(图 35-144,图 35-145)	R
水平平直波纹(图 35-146)	P
球形波纹(图 35-147)	Q
斜波纹(图 35-148)	X
竖直波纹(图 35-149)	S

注：流体在板面上可以是对角流，也可以是单边流。图 35-144、图 35-146、图 35-148、图 35-149 为对角流，图 35-145、图 35-147 为单边流。



图 35-144 人字形波纹

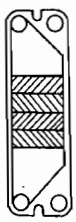


图 35-145 人字形波纹



图 35-146 水平平直波纹

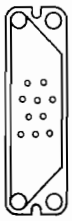


图 35-147 球形波纹



图 35-148 斜波纹

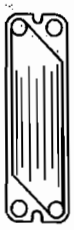


图 35-149 竖直波纹

表 35-166 板式换热器框架型式

框架型式	代号
双支撑式(图 35-150)	Ⅰ
带中间隔板双支撑式(图 35-151)	Ⅱ
带中间隔板三支撑式(图 35-152)	Ⅲ
悬臂式(图 35-153)	Ⅳ
活动压紧板落地式(图 35-154)	Ⅶ
顶杆式(图 35-155)	Ⅴ
带中间隔板顶杆式(图 35-156)	Ⅵ

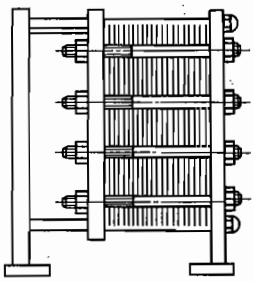


图 35-150 双支撑式框架

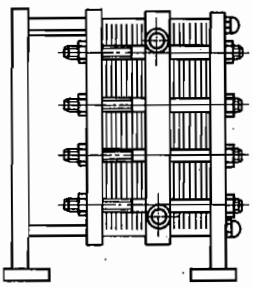


图 35-151 带中间隔板双支撑式框架

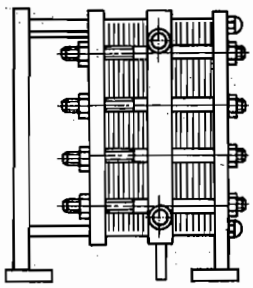


图 35-152 带中间隔板三支撑式框架

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

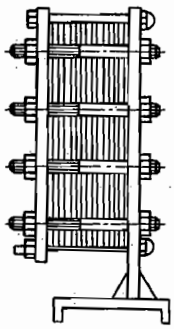


图 35-153 悬臂式框架

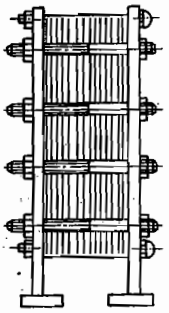


图 35-154 活动压紧板落地式框架

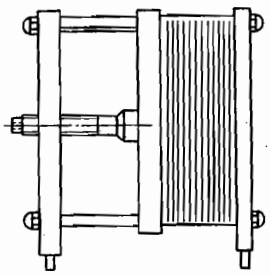


图 35-155 顶杆式框架

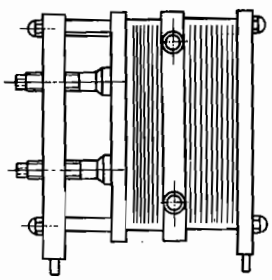


图 35-156 带中间隔板顶杆式框架

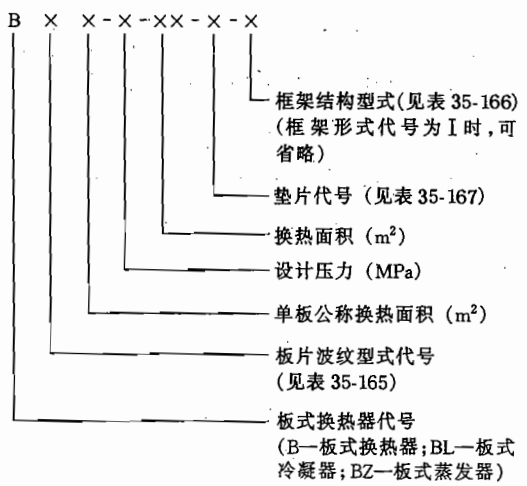
钎焊无垫圈不锈钢板式换热器是一种传热效率高，结构紧凑的新型换热器。广泛地应用于石油、化工、轻工、食品、冶金、动力、制药、造纸、机械制造等各个工业领域。是流体间加热、冷却、冷凝、蒸发、余热回收等过程中的最佳换热设备。

该种换热器由一系列压制成人字形的波纹不锈钢板组成。波纹钢板相互间倒置且波形反向地紧密压合在一起予以钎焊，使其结构紧凑而牢固。

钎焊结构使该种换热器可用于其他类型换热器难以承受的高温高压的工作环境里。“网络流”的内部构造将产生出流体的高度紊流状态，使传热效率达到最佳点。紧凑而轻便的外形给安装带来较大的便利并最大限度地节约空间。

超一流的传热性能使任何其他类型的换热器无法比拟。由于高度的紊流状态，使钎焊无垫圈不锈钢板式换热器内部几乎不能积垢。极高的传热效率，能准确地处理近乎1℃微小温差的传热。

6.6.3 型号标记



标记举例如下。

(1) 波纹型式为人字

单板公称换热面积 0.3m²，设计压力 1.6MPa，换热面积 1.5m²，用丁腈垫片密封的双支撑框架结构的板式换热器，型号为：

BR0.3-1.6-15-N-Ⅰ或 BR0.3-1.6-15-N。

(2) 波纹型式为水平平直

单板公称换热面积 1.0m²，设计压力 1.0MPa，换热面积 100m²，用三元乙丙垫片密封的带中间隔板双支撑框架结构的板式换热器，其型号为：

BP1.0-1.0-100-F-Ⅱ。

6.6.4 板片和垫片主要材料

(1) 板片材料牌号

1Cr18Ni9Ti，0Cr19Ni9，00Cr19Ni11，0Cr17Ni12Mo2，00Cr17Ni14Mo2；TA1；H68，HSn62-1。

(2) 垫片材料（见表35-167）。

6.7 螺旋板式换热器（JB/T 4723—1992）

本标准适用于碳钢、不锈钢制不可拆式螺旋板式换热器。

6.7.1 基本参数

① 公称压力 *PN*0.6、1.0、1.6MPa（指单通道能承受的最大工作压力）。

② 公称直径 *DN* 碳钢制 500～1600mm；不锈钢制 300～1600mm。

③ 公称换热面积 *FN* 碳钢制 6～120m²；不锈钢制 1～100m²。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-167 垫片材料

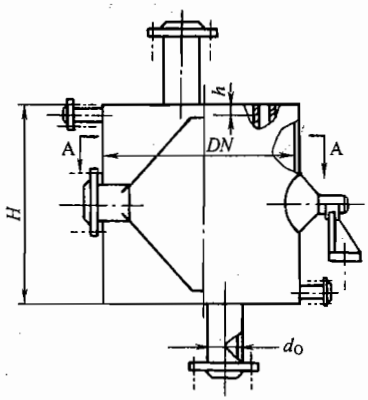
垫片材料及代号	丁腈橡胶 N	三元乙丙橡胶 E	氟橡胶 F	氯丁橡胶 C	硅橡胶 Q	石棉纤维板 A
适用温度/℃	20～110	−50～150	0～180	−40～100	−65～230	20～250

注：1. 食用、医药用垫片的标注，在相应垫片后面加 S，例如丁腈橡胶医药垫片为 NS。

2. 垫片在超过适用温度范围使用时，应由供需双方商定。石棉纤维板的物理性能指标参照 GB 3985、由供需双方商定。

6.7.2 结构型式和主要参数

结构型式见图 35-157，碳钢制螺旋板式换热器主要参数见表 35-168，不锈钢制螺旋板式换热器主要参数见表 35-169。



A—A

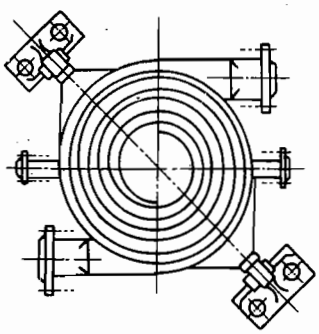


图 35-157 螺旋板式换热器

6.7.3 参数计算

以两螺旋通道间距相等的情况为例计算参数。螺旋体示意见图 35-158。

① 螺旋通道长度计算

$$L_t=\frac{\pi N}{2}[N(b+\delta)+\delta+d]\times10^{-3} \quad (35\text{-}31)$$

式中 N——螺旋通道圈数（如图 35-158 中Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ所示），按式（35-32）计算；

b——通道间距，mm；

δ——板厚，mm；

d——螺旋中心直径，mm。

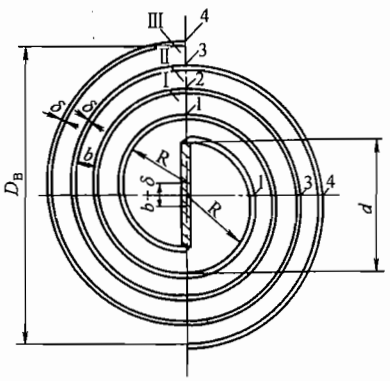


图 35-158 螺旋体

$$N=\frac{D_B-d-b-\delta}{2(b+\delta)} \quad (35\text{-}32)$$

$$D_B=DN-b-\delta$$

式中 D_B——螺旋长轴内径，mm；

DN——公称直径，等于螺旋体外径，mm。

② 螺旋板理论长度，按（35-33）式确定。

$$L_b=\frac{\pi n}{2}[(n-1)(b+\delta)+d+\delta]\times10^{-3} \quad (35\text{-}33)$$

式中 n——螺旋板圈数（见图 35-158 中 1、2、3、4），按式（35-34）计算。

$$n=\frac{D_B-d+b+\delta}{2(b+\delta)} \quad (35\text{-}34)$$

③ 螺旋板式换热器计算换热面积，按式（35-35）计算。

$$F=2L(H-2h\times10^{-3}) \quad (35\text{-}35)$$

式中 h——封口高度，一般取 $h=b$，mm；

H——板宽，mm。

$$L=L_b-\frac{\pi(D_B-b)}{2}\times10^{-3}$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-168 碳钢制螺旋板式换热器主要参数

PN /MPa	FN /m²	DN/mm	b/mm	δ /mm	H /m	F /m²	V /(m³/h)	dN/mm	L_t /m	f/m²	d/mm
≤1.6	6	500	6	4	0.4	6.29	8.28	40	8.34	0.00230	200
		500	10		0.5	5.72	17.00	80	6.18	0.00472	200
		600	10		0.4	6.44	13.40	65	8.79	0.00372	200
	8	500	6		0.5	7.91	10.44	65	8.34	0.00290	200
		600	10		0.5	8.13	17.00	80	8.79	0.00472	200
		700	10		0.4	9.50	13.40	65	12.89	0.00372	200
	10	600	6		0.5	12.07	10.44	65	12.69	0.00290	200
		600	10		0.6	9.83	20.60	80	8.79	0.00572	200
	15	700	6		0.5	17.02	10.44	65	17.83	0.00290	200
		800	10		0.5	15.32	17.00	80	16.63	0.00472	200
		900	14		0.5	14.93	23.23	100	16.28	0.00654	300
	20	800	6		0.5	22.74	10.44	65	23.75	0.00290	200
		700	10		1.0	20.91	35.00	100	18.99	0.00972	300
		900	10		0.6	22.31	20.60	80	19.72	0.00572	300
		800	14		0.8	18.27	38.35	100	12.22	0.01065	300
	25	800	6		0.6	27.38	12.60	65	23.75	0.00350	200
		800	10		0.8	23.90	27.80	100	15.71	0.00772	300
		800	14		1.0	23.00	48.43	125	12.22	0.01365	300
	30	700	6		1.0	30.65	21.24	80	15.83	0.00590	300
		800	10		1.0	30.03	35.00	100	15.71	0.00972	300
		800	14		1.2	27.73	58.51	125	12.22	0.01625	300
	40	1000	6		0.6	43.89	12.60	65	37.95	0.00350	200
		1200	10		0.6	43.00	20.60	80	37.78	0.00572	300
		1200	14		0.8	44.60	38.35	100	29.59	0.01065	300
		1200	18		1.0	43.65	61.55	150	23.36	0.01710	300
	50	1000	10		1.0	49.24	35.00	100	25.67	0.00972	300
		1200	14		1.0	56.16	48.43	125	29.59	0.01345	300
		1200	18		1.2	52.70	74.51	150	23.36	0.02070	300
	60	1400	10		0.6	59.36	20.60	80	52.05	0.00572	300
		1400	14		0.8	63.46	38.35	100	41.95	0.01065	300
		1400	18		1.0	62.96	61.55	150	33.52	0.01710	300
	80	1400	10		0.8	79.83	27.80	100	52.05	0.00772	300
		1200	10		1.0	72.66	35.00	100	37.78	0.00972	300
		1600	14		0.8	81.50	38.35	100	53.81	0.01065	300
		1400	14		1.0	79.90	48.43	125	41.95	0.01345	300
		1600	18		1.0	85.60	61.55	150	45.40	0.01710	300
	100	1600	10		0.8	105.20	27.80	100	68.46	0.00772	300
		1400	10		1.0	100.30	35.00	100	52.05	0.00972	300
		1600	14		1.0	102.61	48.43	125	53.80	0.01345	300
		1600	18		1.2	103.36	74.51	150	45.40	0.02070	300
	120	1400	10		1.2	120.77	42.20	125	52.02	0.01172	300
		1600	14		1.2	123.72	50.51	125	53.81	0.01625	300

注：f—螺旋通道截面积，m^2。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-169 不锈钢制螺旋板式换热器主要参数

PN /MPa	FN /m²	DN/mm	b/mm	δ /mm	H /m	F /m²	V /(m³/h)	dn/mm	L_t /m	f/m²	d/mm
≤1.6	1	300	6	2,3	0.2	1.07	3.96	40	2.95	0.00110	160
	2	400	6		0.2	2.08	3.96	40	5.71	0.00110	160
	4	400	6		0.4	4.28	8.28	50	5.71	0.00230	160
		500	10		0.4	4.95	13.40	65	6.78	0.00372	200
	6	400	6		0.6	5.95	12.60	65	5.22	0.00350	200
		500	10		0.5	6.28	17.00	80	6.76	0.00472	200
	8	500	6		0.4	7.19	8.28	50	9.50	0.00230	200
		500	10		0.6	7.58	20.60	80	6.76	0.00572	200
		600	10		0.5	8.69	17.00	80	9.37	0.00472	200
	10	600	6		0.4	10.50	8.28	50	13.85	0.00230	200
		600	10		0.6	8.67	20.60	80	7.71	0.00572	300
		700	14		0.6	9.33	28.27	100	8.47	0.00785	300
		700	14		0.5	7.70	23.23	100	8.47	0.00645	300
	15	700	6		0.5	18.07	10.44	65	18.92	0.00290	200
		800	10		0.5	16.97	17.00	80	18.14	0.00472	200
		700	14		0.8	14.27	38.35	100	9.55	0.01065	300
	20	700	6		0.6	21.78	12.60	65	18.92	0.00350	200
		800	10		0.6	18.57	20.60	80	16.41	0.00572	300
		800	14		0.8	19.70	38.35	100	13.14	0.01065	300
	25	800	6		0.5	24.83	10.44	65	25.92	0.00290	200
		800	10		0.8	24.97	27.80	100	16.41	0.00772	300
		900	10		0.6	24.67	20.60	80	21.74	0.00572	300
		900	14		0.8	25.86	38.35	100	17.21	0.01065	300
	30	700	6		0.8	29.18	16.92	80	18.92	0.00470	200
		800	10		1.0	31.38	35.00	100	16.41	0.00972	300
		1000	14		0.8	32.77	38.35	100	21.76	0.01065	300
	40	1000	10		0.8	42.39	27.80	100	27.72	0.00772	300
		1000	14		1.0	41.25	48.43	125	21.76	0.01345	300
	50	1000	10		1.0	53.26	35.00	100	27.72	0.00972	300
		1000	14		1.2	49.74	58.51	150	21.76	0.01625	300
	60	1200	10		0.8	63.89	27.80	100	41.65	0.00772	300
		1200	14		1.0	57.72	48.43	125	30.41	0.01345	300
	80	1200	10		1.0	80.27	35.00	100	41.65	0.00972	300
		1400	14		1.0	81.03	48.43	125	42.55	0.01345	300
	100	1400	10		1.0	108.02	35.00	100	55.98	0.00972	300
		1400	14		1.2	97.70	58.51	150	42.55	0.01625	300
		1600	14		1.0	108.07	48.43	125	56.62	0.01345	300

注：f—螺旋通道截面积，m^2。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.8 空冷式换热器（GB/T 15386—1994 GB/T 4740—1997）

6.8.1 基本参数

① 公称压力 PN 为1.0、1.6、2.5、4.0MPa。

② 公称宽度 BN 为500、750、1000、1250、1500、1750、2000、2250、2500、2750、3000mm。

③ 风机叶轮直径 D_1 为1800、2100、2400、2700、3000、3300、3600、3900、4200、4500mm。叶片数 n_1 为4、5、6片。

④ 翅片管的基本参数

a. 翅片高度 h 为12.5、16mm。

b. 翅片管长度 L 为3000、4500、6000、9000、10500、12000mm。

c. 翅片管的翅化比和管束迎风面积比见表35-170。

⑤ 管排数 Z 水平式管束为4、5、6、8排。斜顶式管束为3，4排。

表35-170 翅片管的翅化比和管束迎风面积比

翅片管型式	每米翅片数	翅化比	迎风面积比			翅化比	迎风面积比		
		翅片高度 h=12.5mm	管心距/mm			翅片高度 h=16mm	管心距/mm		
			54	56	59		62	63.5	67
L	433	16.9	0.465	0.484	0.510	23.4	0.519	0.530	0.555
	394	15.5	0.470	0.489	0.515	21.4	0.525	0.536	0.560
	354	14.0	0.475	0.494	0.520	19.3	0.531	0.542	0.566
	315	12.6	0.480	0.499	0.524	17.3	0.537	0.548	0.571
	276	11.2	0.486	0.504	0.529	15.3	0.543	0.553	0.577
LL	433	16.6	0.452	0.472	0.499	23.1	0.508	0.520	0.545
	394	15.2	0.457	0.477	0.503	21.1	0.514	0.526	0.550
	354	13.7	0.462	0.482	0.508	19.1	0.520	0.531	0.556
	315	12.3	0.467	0.486	0.513	17.1	0.525	0.537	0.561
	276	11.0	0.472	0.491	0.517	15.1	0.531	0.542	0.566
KL	433	16.9	0.465	0.484	0.510	23.4	0.519	0.530	0.555
	394	15.5	0.470	0.489	0.515	21.4	0.525	0.536	0.560
	354	14.0	0.475	0.494	0.520	19.3	0.531	0.542	0.566
	315	12.6	0.480	0.499	0.524	17.3	0.537	0.548	0.571
	276	11.2	0.486	0.504	0.529	15.3	0.543	0.553	0.577
G	433	17.2	0.477	0.496	0.521	23.7	0.530	0.541	0.565
	394	15.8	0.482	0.501	0.526	21.7	0.536	0.547	0.570
	354	14.3	0.488	0.506	0.531	19.6	0.542	0.553	0.576
	315	12.8	0.493	0.511	0.536	17.5	0.548	0.559	0.582
	276	11.4	0.499	0.517	0.541	15.5	0.554	0.565	0.587
DR	433	16.7	0.456	0.475	0.502	23.3	0.496	0.508	0.533
	394	15.3	0.461	0.480	0.507	21.3	0.503	0.515	0.541
	354	13.9	0.467	0.486	0.512	19.2	0.511	0.523	0.548
	315	12.5	0.473	0.492	0.517	17.2	0.519	0.530	0.555
	276	11.0	0.478	0.497	0.523	15.2	0.527	0.538	0.562

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

⑥ 管程数 N 为 1、2、3、4、5、6、8。

⑦ 水平式管束的基本参数组合见表 35-171。

⑧ 翅片管外表面积

a. 翅片管外表面积=管束基管外表面积×翅化比。

b. 管束基管外表面积 A 按式（35-36）计算。

$$A=\pi d(L-2\delta-0.006)n \qquad (35\text{-}36)$$

式中 d——基管外径，m；

L——翅片管长度，m；

δ——管板厚度，m；

n——管束排管根数。

c. 翅片高度 h 为 12.5mm 的鼓风式水平管束，其管束基管外表面积 A 见表 35-172。

d. 翅片高度 h 为 16mm 的鼓风式水平管束，其管束基管外表面积 A 见表 35-173。

e. 翅片高度 h 为 12.5mm 的引风式水平管束，其管束基管外表面积 A 见表 35-174。

f. 翅片高度 h 为 16mm 的引风式水平管束，其管束基管外表面积 A 见表 35-175。

表 35-171 水平式管束的基本参数组合

公称宽度 BN/mm	管排数 Z	管程数 N	翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	4	1,2,4				—	—	—
	5	1,2,5				—	—	—
	6	1,2,3				—	—	—
750	4	1,2,4				—	—	—
	5	1,2,5				—	—	—
	6	1,2,3				—	—	—
1000	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3						
	8	1,2,4	—	—				
1250	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3						
	8	1,2,4	—	—				
1500	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3						
	8	1,2,4	—	—				
1750	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3,6						
	8	1,2,4,8	—	—				
2000	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3,6						
	8	1,2,4,8	—	—				
2250	4	1,2,4			—			
	5	1,2,5			—			
	6	1,2,3,6			—			
	8	1,2,4,8	—	—	—			
2500	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3,6						
	8	1,2,4,8	—	—				
2750	4	1,2,4		—				
	5	1,2,5		—				
	6	1,2,3,6		—				
	8	1,2,4,8	—	—				
3000	4	1,2,4						
	5	1,2,5						
	6	1,2,3,6						
	8	1,2,4,8	—	—				

注：黑框内为有此规格。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-172　翅高为 12.5mm 的鼓风式水平管束基管外表面积

管排数 Z		4						5							
公称宽度 BN/mm	管心距/mm	排管根数 n①	管束基管外表面积② A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积② A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	54	26	6.0	9.1	12.1	—	—	—	33	7.6	11.5	15.4	—	—	—
	56	26	6.0	9.1	12.1	—	—	—	33	7.6	11.5	15.4	—	—	—
	59	24	5.6	8.4	11.2	—	—	—	30	6.9	10.5	14.0	—	—	—
750	54	46	10.6	16.1	21.5	—	—	—	58	13.4	20.3	27.1	—	—	—
	56	44	10.2	15.4	20.5	—	—	—	55	12.7	19.2	25.7	—	—	—
	59	42	9.7	14.7	19.6	—	—	—	53	12.3	18.5	24.8	—	—	—
1000	54	64	14.8	22.3	29.9	45.0	52.5	60.0	80	18.5	27.9	37.4	56.2	65.6	75.1
	56	62	14.3	21.6	29.0	43.6	50.9	58.2	78	18.0	27.2	36.4	54.8	64.0	73.2
	59	58	13.4	20.3	27.1	40.8	47.6	54.4	73	16.9	25.5	34.1	51.3	59.9	68.5
1250	54	82	19.0	28.6	38.3	57.6	67.3	76.9	103	23.8	36.0	48.1	72.4	84.5	96.6
	56	80	18.5	27.9	37.4	56.2	65.6	75.1	100	23.1	34.9	46.7	70.3	82.0	93.8
	59	76	17.6	26.5	35.5	53.4	62.4	71.3	95	22.0	33.2	44.4	66.7	77.9	89.1
1500	54	102	23.6	35.6	47.6	71.7	83.7	95.7	128	29.6	44.7	59.8	89.9	105.0	120.1
	56	98	22.7	34.2	45.8	68.9	80.4	91.9	123	28.5	43.0	57.4	86.4	100.9	115.4
	59	92	21.3	32.1	43.0	64.6	75.5	86.3	115	26.6	40.2	53.7	80.8	94.3	107.9
1750	54	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6	150	34.7	52.4	70.0	105.4	123.1	140.7
	56	116	26.8	40.5	54.2	81.5	95.2	108.8	145	33.5	50.6	67.7	101.9	119.0	136.0
	59	110	25.5	38.4	51.4	77.3	90.2	103.2	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5
2000	54	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5	173	40.0	60.4	80.8	121.6	141.9	162.3
	56	134	31.0	46.8	62.6	94.2	109.9	125.7	168	38.9	58.7	78.5	118.0	137.8	157.6
	59	126	29.2	44.0	58.8	88.5	103.4	118.2	158	36.6	55.2	73.8	111.0	129.6	148.2
2250	54	156	36.1	54.5	—	109.6	128.0	146.4	195	45.1	68.1	—	137.0	160.0	183.0
	56	152	35.2	53.1	—	106.8	124.7	142.6	190	44.0	66.3	—	133.5	155.9	178.3
	59	144	33.3	50.3	—	101.2	118.1	135.1	180	41.6	62.9	—	126.5	147.7	168.9
2500	54	176	40.7	61.5	82.2	123.7	144.4	165.1	220	50.9	76.8	102.7	154.6	180.5	206.4
	56	170	39.3	59.4	79.4	119.4	139.5	159.5	213	49.3	74.4	99.5	149.7	174.8	199.8
	59	160	37.0	55.9	74.7	112.4	131.3	150.1	200	46.3	69.8	93.4	140.5	164.1	187.6
2750	54	194	44.9	—	90.6	136.3	159.2	182.0	243	56.2	—	113.5	170.7	199.4	228.0
	56	186	43.0	—	86.9	130.7	152.6	174.5	233	53.9	—	108.8	163.7	191.2	218.6
	59	178	41.2	—	83.1	125.1	146.0	167.0	223	51.6	—	104.1	156.7	183.0	209.2
3000	54	212	49.1	74.0	99.0	149.0	173.9	198.9	265	61.3	92.5	123.8	186.2	217.4	248.6
	56	204	47.2	71.2	95.3	143.3	167.4	191.4	255	59.0	89.0	119.1	179.2	209.2	239.3
	59	194	44.9	67.7	90.6	136.3	159.2	182.0	243	56.2	84.9	113.5	170.7	199.4	228.0

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管排数 Z		6							8						
公称宽度 BN/mm	管心距/mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m²						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m²					
			翅片管长度 L/mm							翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	54	39	9.0	13.6	18.2	—	—	—	52	12.0	18.2	24.3	—	—	—
	56	39	9.0	13.6	18.2	—	—	—	52	12.0	18.2	24.3	—	—	—
	59	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—	48	11.1	16.8	22.4	—	—	—
750	54	69	16.0	24.1	32.2	—	—	—	92	21.3	32.1	43.0	—	—	—
	56	66	15.3	23.0	30.8	—	—	—	88	20.4	30.7	41.1	—	—	—
	59	63	14.6	22.0	29.4	—	—	—	84	19.4	29.3	39.2	—	—	—
1000	54	96	22.2	33.5	44.8	67.5	78.8	90.1	128	—	—	59.8	89.9	105.0	120.1
	56	93	21.5	32.5	43.4	65.3	76.3	87.3	124	—	—	57.9	87.1	101.7	116.3
	59	87	20.1	30.4	40.6	61.1	71.4	81.6	116	—	—	54.2	81.5	95.2	108.8
1250	54	123	28.5	43.0	57.4	86.4	100.9	115.4	164	—	—	76.6	115.2	134.6	153.9
	56	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6	160	—	—	74.7	112.4	131.3	150.1
	59	114	26.4	39.8	53.2	80.1	93.5	107.0	152	—	—	71.0	106.8	124.7	142.6
1500	54	153	35.4	53.4	71.5	107.5	125.5	143.6	204	—	—	95.3	143.3	167.4	191.4
	56	147	34.0	51.3	68.6	103.3	120.6	137.9	196	—	—	91.5	137.7	160.8	183.9
	59	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5	184	—	—	85.9	129.3	151.0	172.6
1750	54	180	41.6	62.9	84.1	126.5	147.7	168.9	240	—	—	112.1	168.6	196.9	225.2
	56	174	40.3	60.8	81.3	122.3	142.8	163.3	232	—	—	108.3	163.0	190.3	217.7
	59	165	38.2	57.6	77.1	115.9	135.4	154.8	220	—	—	102.7	154.6	180.5	206.4
2000	54	207	47.9	72.3	96.7	145.4	169.8	194.2	276	—	—	128.9	193.9	226.4	259.0
	56	201	46.5	70.2	93.9	141.2	164.9	188.6	268	—	—	125.2	188.3	219.9	251.4
	59	189	43.7	66.0	88.3	132.8	155.1	177.3	252	—	—	117.7	177.1	206.7	236.4
2250	54	234	54.1	81.7	—	164.4	192.0	219.5	312	—	—	—	219.2	256.0	292.7
	56	228	52.8	79.6	—	160.2	187.1	213.9	304	—	—	—	213.6	249.4	285.2
	59	216	50.0	75.4	—	151.8	177.2	202.7	288	—	—	—	202.4	236.3	270.2
2500	54	264	61.1	92.2	123.3	185.5	216.6	247.7	352	—	—	164.4	247.3	288.8	330.3
	56	255	59.0	89.0	119.1	179.2	209.2	239.3	340	—	—	158.8	238.9	278.9	319.0
	59	240	55.5	83.8	112.1	168.6	196.9	225.2	320	—	—	149.4	224.8	262.5	300.2
2750	54	291	67.3	—	135.9	204.5	238.7	273.0	388	—	—	181.2	272.6	318.3	364.0
	56	279	64.6	—	130.3	196.0	228.9	261.8	372	—	—	173.7	261.4	305.2	349.0
	59	267	61.8	—	124.7	187.6	219.1	250.5	356	—	—	166.3	250.1	292.1	334.0
3000	54	318	73.6	111.0	148.5	223.4	260.9	298.4	424	—	—	198.0	297.9	347.9	397.8
	56	306	70.8	106.9	142.9	215.0	251.1	287.1	408	—	—	190.5	286.7	334.7	382.8
	59	291	67.3	101.6	135.9	204.5	238.7	273.0	388	—	—	181.2	272.6	318.3	364.0

① 排管根数按管束实际宽度为管束公称宽度减 20mm、管箱端板厚度为 20mm 确定。

② 管束基管外表面积按管板厚度 δ 为 24mm 确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-173 翅高为 16mm 的鼓风式水平管束基管外表面积

公称宽度 BN/mm	管心距 /mm	管排数 Z	4						5						
		排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m²						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m²					
			翅片管长度 L/mm							翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	62	24	5.6	8.4	11.2	—	—	—	30	6.9	10.5	14.0	—	—	—
	63.5	22	5.1	7.7	10.3	—	—	—	28	6.5	9.8	13.1	—	—	—
	67	22	5.1	7.7	10.3	—	—	—	28	6.5	9.8	13.1	—	—	—
750	62	40	9.3	14.0	18.7	—	—	—	50	11.6	17.5	23.3	—	—	—
	63.5	38	8.8	13.3	17.7	—	—	—	48	11.1	16.8	22.4	—	—	—
	67	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—	45	10.4	15.7	21.0	—	—	—
1000	62	56	13.0	19.6	26.2	39.3	45.9	52.5	70	16.2	24.4	32.7	49.2	57.4	65.7
	63.5	54	12.5	18.9	25.2	37.9	44.3	50.7	68	15.7	23.7	31.8	47.8	55.8	63.8
	67	52	12.0	18.2	24.3	36.5	42.7	48.8	65	15.0	22.7	30.4	45.7	53.3	61.0
1250	62	72	16.7	25.1	33.6	50.6	59.1	67.6	90	20.8	31.4	42.0	63.2	73.8	84.4
	63.5	70	16.2	24.4	32.7	49.2	57.4	65.7	88	20.4	30.7	41.1	61.8	72.2	82.6
	67	66	15.3	23.0	30.8	46.4	54.1	61.9	83	19.2	29.0	38.8	58.3	68.1	77.9
1500	62	88	20.4	30.7	41.1	61.8	72.2	82.6	110	25.5	38.4	51.4	77.3	90.2	103.2
	63.5	86	19.9	30.0	40.2	60.4	70.6	80.7	108	25.0	37.7	50.4	75.9	88.6	101.3
	67	82	19.0	28.6	38.3	57.6	67.3	76.9	103	23.8	36.0	48.1	72.4	84.5	96.6
1750	62	104	24.1	36.3	48.6	73.1	85.3	97.6	130	30.1	45.4	60.7	91.3	106.7	122.0
	63.5	102	23.6	35.6	47.6	71.7	83.7	95.7	128	29.6	44.7	59.8	89.9	105.0	120.1
	67	96	22.2	33.5	44.8	67.5	78.8	90.1	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6
2000	62	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6	150	34.7	52.4	70.0	105.4	123.1	140.7
	63.5	118	27.3	41.2	55.1	82.9	96.8	110.7	148	34.2	51.7	69.1	104.0	121.4	138.9
	67	112	25.9	39.1	52.3	78.7	91.9	105.1	140	32.4	48.9	65.4	98.4	114.9	131.4
2250	62	136	31.5	47.5	—	95.6	111.6	127.6	170	39.3	59.4	—	119.4	139.5	159.5
	63.5	132	30.5	46.1	—	92.7	108.3	123.8	165	38.2	57.6	—	115.9	135.4	154.8
	67	126	29.2	44.0	—	88.5	103.4	118.2	158	36.6	55.2	—	111.0	129.6	148.2
2500	62	152	35.2	53.1	71.0	106.8	124.7	142.6	190	44.0	66.3	88.7	133.5	155.9	178.3
	63.5	148	34.2	51.7	69.1	104.0	121.4	138.9	185	42.8	64.6	86.4	130.0	151.8	173.6
	67	142	32.9	49.6	66.3	99.8	116.5	133.2	178	41.2	62.2	83.1	125.1	146.0	167.0
2750	62	168	38.9	—	78.5	118.0	137.8	157.6	210	48.6	—	98.1	147.5	172.3	197.0
	63.5	164	37.9	—	76.6	115.2	134.6	153.9	205	47.4	—	95.7	144.0	168.2	192.3
	67	156	36.1	—	72.9	109.6	128.0	146.4	195	45.1	—	91.1	137.0	160.0	183.0
3000	62	184	42.6	64.3	85.9	129.3	151.0	172.6	230	53.2	80.3	107.4	161.6	188.7	215.8
	63.5	180	41.6	62.9	84.1	126.5	147.7	168.9	225	52.1	78.6	105.1	158.1	184.6	211.1
	67	170	39.3	59.4	79.4	119.4	139.5	159.5	213	49.3	74.4	99.5	149.7	147.8	199.8

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管排数 Z		6							8						
公称宽度 BN/mm	管心距/mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	62	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—	48	11.1	16.8	22.4	—	—	—
	63.5	33	7.6	11.5	15.4	—	—	—	44	10.2	15.4	20.5	—	—	—
	67	33	7.6	11.5	15.4	—	—	—	44	10.2	15.4	20.5	—	—	—
750	62	60	13.9	21.0	28.0	—	—	—	80	18.5	27.9	37.4	—	—	—
	63.5	57	13.2	19.9	26.6	—	—	—	76	17.6	26.5	35.5	—	—	—
	67	54	12.5	18.9	25.2	—	—	—	72	16.7	25.1	33.6	—	—	—
1000	62	84	19.4	29.3	39.2	59.0	68.9	78.8	112	—	—	52.3	78.7	91.9	105.1
	63.5	81	18.7	28.3	37.8	56.9	66.5	76.0	108	—	—	50.4	75.9	88.6	101.3
	67	78	18.0	27.2	36.4	54.8	64.0	73.2	104	—	—	48.6	73.1	85.3	97.6
1250	62	108	25.0	37.7	50.4	75.9	88.6	101.3	144	—	—	67.2	101.2	118.1	135.1
	63.5	105	24.3	36.7	49.0	73.8	86.1	98.5	140	—	—	65.4	98.4	114.9	131.4
	67	99	22.9	34.6	46.2	69.6	81.2	92.9	132	—	—	61.6	92.7	108.3	123.8
1500	62	132	30.5	46.1	61.6	92.7	108.3	123.8	176	—	—	82.2	123.7	144.4	165.1
	63.5	129	29.8	45.0	60.2	90.6	105.8	121.0	172	—	—	80.3	120.9	141.1	161.4
	67	123	28.5	43.0	57.4	86.4	100.9	115.4	164	—	—	76.6	115.2	134.6	153.9
1750	62	156	36.1	54.5	72.9	109.6	128.0	146.4	208	—	—	97.1	146.1	170.6	195.2
	63.5	153	35.4	53.4	71.5	107.5	125.5	143.6	204	—	—	95.3	143.3	167.4	191.4
	67	144	33.3	50.3	67.2	101.2	118.1	135.1	192	—	—	89.7	134.9	157.5	180.1
2000	62	180	41.6	62.9	84.1	126.5	147.7	168.9	240	—	—	112.1	168.6	196.9	225.2
	63.5	177	41.0	61.8	82.7	124.4	145.2	166.1	236	—	—	110.2	165.8	193.6	221.4
	67	168	38.9	58.7	78.5	118.0	137.8	157.6	224	—	—	104.6	157.4	183.8	210.2
2250	62	204	47.2	71.2	—	143.3	167.4	191.4	272	—	—	—	191.1	223.2	255.2
	63.5	198	45.8	69.1	—	139.1	162.4	185.8	264	—	—	—	185.5	216.6	247.7
	67	189	43.7	66.0	—	132.8	155.1	177.3	252	—	—	—	177.1	206.7	236.4
2500	62	228	52.8	79.6	106.5	160.2	187.1	213.9	304	—	—	142.0	213.6	249.4	285.2
	63.5	222	51.4	77.5	103.7	156.0	182.1	208.3	296	—	—	138.2	208.0	242.8	277.7
	67	213	49.3	74.4	99.5	149.7	174.8	199.8	284	—	—	132.6	199.5	233.0	266.5
2750	62	252	58.3	—	117.7	177.1	206.7	236.4	336	—	—	156.9	236.1	275.7	315.2
	63.5	246	56.9	—	114.9	172.8	201.8	230.8	328	—	—	153.2	230.5	269.1	307.7
	67	234	54.1	—	109.3	164.4	192.0	219.5	312	—	—	145.7	219.2	256.0	292.7
3000	62	276	63.9	96.4	128.9	193.9	226.4	259.0	368	—	—	171.9	258.6	301.9	345.3
	63.5	270	62.5	94.3	126.1	189.7	221.5	253.3	360	—	—	168.1	252.9	295.4	337.8
	67	255	59.0	89.0	119.1	179.2	209.2	239.3	340	—	—	158.8	238.9	278.9	319.0

① 排管根数按管束实际宽度为管束公称宽度减 20mm、管箱端板厚度为 20mm 确定。

② 管束基管外表面积按管板厚度 δ 为 24mm 确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-174 翅高为 12.5mm 的引风式水平管束基管外表面积

管排数 Z		4						5							
公称宽度 BN/mm	管心距 /mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	54	22	5.1	7.7	10.3	—	—	—	28	6.5	9.8	13.1	—	—	—
	56	20	4.6	7.0	9.3	—	—	—	25	5.8	8.7	11.7	—	—	—
	59	20	4.6	7.0	9.3	—	—	—	25	5.8	8.7	11.7	—	—	—
750	54	40	9.3	14.0	18.7	—	—	—	50	11.6	17.5	23.3	—	—	—
	56	38	8.8	13.3	17.7	—	—	—	48	11.1	16.8	22.4	—	—	—
	59	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—	45	10.1	15.7	21.0	—	—	—
1000	54	58	13.4	20.3	27.1	40.8	47.6	54.4	73	16.9	25.5	34.1	51.3	59.9	68.5
	56	56	13.0	19.6	26.2	39.3	45.9	52.5	70	16.2	24.4	32.7	49.2	57.4	65.7
	59	54	12.5	18.9	25.2	37.9	44.3	50.7	68	15.7	23.7	31.8	47.8	55.8	63.8
1250	54	76	17.6	26.5	35.5	53.4	62.4	71.3	95	22.0	33.2	44.4	66.7	77.9	89.1
	56	74	17.1	25.8	34.6	52.0	60.7	69.4	93	21.5	32.5	43.4	65.3	76.3	87.3
	59	70	16.2	24.4	32.7	49.2	57.4	65.7	88	20.4	30.7	41.1	61.8	72.2	82.6
1500	54	96	22.2	33.5	44.8	67.5	78.8	90.1	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6
	56	92	21.3	32.1	43.0	64.6	75.5	86.3	115	26.6	40.2	53.7	80.8	94.3	107.9
	59	88	20.4	30.7	41.1	61.8	72.2	82.6	110	25.5	38.4	51.4	77.3	90.2	103.2
1750	54	114	26.4	39.8	53.2	80.1	93.5	107.0	143	33.4	49.9	66.8	100.5	117.3	134.2
	56	110	25.5	38.4	51.4	77.3	90.2	103.2	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5
	59	104	24.1	36.3	48.6	73.1	85.3	97.6	130	30.1	45.4	60.7	91.3	106.7	122.0
2000	54	132	30.5	46.1	61.6	92.7	108.3	123.8	165	38.2	57.6	77.1	115.9	135.4	154.8
	56	128	29.6	44.7	59.8	89.9	105.0	120.1	160	37.0	55.9	74.7	112.4	131.3	150.1
	59	122	28.2	42.6	57.0	85.7	100.1	114.5	153	35.4	54.4	71.5	107.5	125.5	143.6
2250	54	150	34.7	52.4	—	105.4	123.1	140.7	188	43.5	65.6	—	132.1	154.2	176.4
	56	146	33.8	51.0	—	102.6	119.8	137.0	183	42.3	63.9	—	128.6	150.1	171.7
	59	140	32.4	48.9	—	98.4	114.9	131.4	175	40.5	61.1	—	123.0	143.6	164.2
2500	54	170	39.3	59.4	79.4	119.4	139.5	159.5	213	49.3	74.4	99.5	149.7	174.8	199.8
	56	164	37.9	57.3	76.6	115.2	134.6	153.9	205	47.4	71.6	95.7	144.0	168.2	192.3
	59	156	36.1	54.5	72.9	109.6	128.0	146.4	195	45.1	68.1	91.1	137.6	160.0	183.0
2750	54	188	43.5	—	87.8	132.1	154.2	176.4	235	54.4	—	109.7	165.1	192.8	220.5
	56	182	42.1	—	85.0	127.9	149.3	170.8	228	52.8	—	106.5	160.2	187.1	213.9
	59	172	39.8	—	80.3	120.9	141.1	161.4	215	49.7	—	100.4	151.1	176.4	201.7
3000	54	206	47.7	71.9	96.2	144.7	169.0	193.3	258	59.7	90.1	120.5	181.3	211.7	242.1
	56	200	46.3	69.8	93.4	140.5	164.1	187.6	250	57.8	87.3	116.7	175.7	205.1	234.6
	59	190	44.0	66.3	88.7	133.5	155.9	178.3	238	55.1	83.1	111.1	167.2	195.3	223.3

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管排数 Z		6							8						
公称宽度 BN/mm	管心距/mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	54	33	7.6	11.5	15.4	—	—	—	44	10.2	15.4	20.5	—	—	—
	56	30	6.9	10.5	14.0	—	—	—	40	9.3	14.0	18.7	—	—	—
	59	30	6.9	10.5	14.0	—	—	—	40	9.3	14.0	18.7	—	—	—
750	54	60	13.9	21.0	28.0	—	—	—	80	18.5	27.9	37.4	—	—	—
	56	57	13.2	19.9	26.6	—	—	—	76	17.6	26.5	35.5	—	—	—
	59	54	12.5	18.9	25.2	—	—	—	72	16.7	25.1	33.6	—	—	—
1000	54	87	20.1	30.4	40.6	61.1	71.4	81.6	116	—	—	54.2	81.5	95.2	108.8
	56	84	19.4	29.3	39.2	59.0	68.9	78.8	112	—	—	52.3	78.7	91.9	105.1
	59	81	18.7	28.3	37.8	56.9	66.5	76.0	108	—	—	50.4	75.9	88.6	101.3
1250	54	114	26.4	39.8	53.2	80.1	93.5	107.0	152	—	—	71.0	106.8	124.7	142.6
	56	111	25.7	38.8	51.8	78.0	91.1	104.1	148	—	—	69.1	104.0	121.4	138.9
	59	105	24.3	36.7	49.0	73.8	86.1	98.5	140	—	—	65.4	98.4	114.9	131.4
1500	54	144	33.3	50.3	67.2	101.2	118.1	135.1	192	—	—	89.7	134.9	157.5	180.1
	56	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5	184	—	—	85.9	129.3	151.0	172.6
	59	132	30.5	46.1	61.6	92.7	108.3	123.8	176	—	—	82.2	123.7	144.4	165.1
1750	54	171	39.6	59.7	79.9	120.1	140.3	160.4	228	—	—	106.5	160.2	187.1	213.9
	56	165	38.2	57.6	77.1	115.9	135.4	154.8	220	—	—	102.7	154.6	180.5	206.4
	59	156	36.1	54.5	72.9	109.6	128.0	146.4	208	—	—	97.1	146.1	170.6	195.2
2000	54	198	45.8	69.1	92.5	139.1	162.4	185.8	264	—	—	123.3	185.5	216.6	247.7
	56	192	44.4	67.0	89.7	134.9	157.5	180.1	256	—	—	119.6	179.9	210.0	240.2
	59	183	42.3	63.9	85.5	128.6	150.1	171.1	244	—	—	113.9	171.4	200.2	228.9
2250	54	225	52.1	78.6	—	158.1	184.6	211.1	300	—	—	—	210.8	246.1	281.5
	56	219	50.7	76.5	—	153.9	179.7	205.5	292	—	—	—	205.2	239.6	274.0
	59	207	47.9	72.3	—	145.4	169.8	194.2	276	—	—	—	193.9	226.4	259.0
2500	54	255	59.0	89.0	119.1	179.2	209.2	239.3	340	—	—	158.8	238.9	278.9	319.0
	56	246	56.9	85.9	114.9	172.8	201.8	230.8	328	—	—	153.2	230.5	269.1	307.7
	59	234	54.1	81.7	109.3	164.4	192.0	219.5	312	—	—	145.7	219.2	256.0	292.7
2750	54	282	65.2	—	131.7	198.1	231.4	264.6	376	—	—	175.6	264.2	308.5	352.8
	56	273	63.2	—	127.5	191.8	224.0	256.1	364	—	—	170.0	255.8	298.6	341.5
	59	258	59.7	—	120.5	181.3	211.7	242.1	344	—	—	160.6	241.7	282.2	322.8
3000	54	309	71.5	107.9	144.3	217.1	253.5	289.9	412	—	—	192.4	289.5	338.0	386.6
	56	300	69.4	104.8	140.1	210.8	246.1	281.5	400	—	—	186.8	281.0	328.2	375.3
	59	285	65.9	99.5	133.1	200.2	233.8	267.4	380	—	—	177.5	267.0	311.8	365.5

① 排管根数按管束实际宽度为管束公称宽度减 100mm、管箱端板厚度为 20mm 确定。

② 管束基管外表面积按管板厚度 δ 为 24mm 确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-175 翅高为 16mm 的引风式水平管束基管外表面积

管排数 Z		4						5							
公称宽度 BN/mm	管心距/mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	62	18	4.2	6.3	8.4	—	—	—	23	5.3	8.0	10.7	—	—	—
	63.5	18	4.2	6.3	8.4	—	—	—	23	5.3	8.0	10.7	—	—	—
	67	18	4.2	6.3	8.4	—	—	—	23	5.3	8.0	10.7	—	—	—
750	62	34	7.9	11.9	15.9	—	—	—	43	9.9	15.0	20.1	—	—	—
	63.5	34	7.9	11.9	15.9	—	—	—	43	9.9	15.0	20.1	—	—	—
	67	32	7.4	11.2	14.9	—	—	—	40	9.3	14.0	18.7	—	—	—
1000	62	50	11.6	17.5	23.3	35.1	41.0	46.9	63	14.6	22.0	29.4	44.3	51.7	59.1
	63.5	50	11.6	17.5	23.3	35.1	41.0	46.9	63	14.6	22.0	29.4	44.3	51.7	59.1
	67	46	10.6	16.1	21.5	32.3	37.7	43.2	58	13.4	20.3	27.1	40.8	47.6	54.4
1250	62	66	15.3	23.0	30.8	46.4	54.1	61.9	83	19.2	29.0	38.8	58.3	68.1	77.9
	63.5	66	15.3	23.0	30.8	46.4	54.1	61.9	83	19.2	29.0	38.8	58.3	68.1	77.9
	67	62	14.3	21.6	29.0	43.6	50.9	58.2	78	18.0	27.2	36.4	54.8	64.0	73.2
1500	62	82	19.0	28.6	38.3	57.6	67.3	76.9	103	23.8	36.0	48.1	72.4	84.5	96.6
	63.5	80	18.5	27.9	37.4	56.2	65.6	75.1	100	23.1	34.9	46.7	70.3	82.0	93.8
	67	76	17.6	26.5	35.5	53.4	62.4	71.3	95	22.0	33.2	44.4	66.7	77.9	89.1
1750	62	98	22.7	34.2	45.8	68.9	80.4	91.9	123	28.5	43.0	57.4	86.4	100.9	115.4
	63.5	96	22.2	33.5	44.8	67.5	78.8	90.1	121	28.0	42.3	56.5	85.0	99.3	113.5
	67	92	21.3	32.1	43.0	64.6	75.5	86.3	115	26.6	40.2	53.7	80.8	94.3	107.9
2000	62	116	26.8	40.5	54.2	81.5	95.2	108.8	145	33.5	50.6	67.7	101.9	119.0	136.0
	63.5	112	25.9	39.1	52.3	78.7	91.9	105.1	140	32.4	48.9	65.4	98.4	114.9	131.4
	67	106	24.5	37.0	49.5	74.5	87.0	99.5	133	30.8	46.4	62.1	93.4	109.1	124.8
2250	62	132	30.5	46.1	—	92.7	108.3	123.8	165	38.2	57.6	—	115.9	135.4	154.8
	63.5	128	29.6	44.7	—	89.9	105.0	120.1	161	37.3	56.2	—	113.1	132.1	151.1
	67	122	28.2	42.6	—	85.7	100.1	114.5	153	35.4	53.4	—	107.5	125.5	143.6
2500	62	148	34.2	51.7	69.1	104.0	121.4	138.9	185	42.8	64.6	86.4	130.0	151.8	173.6
	63.5	144	33.3	50.3	67.2	101.2	118.1	135.1	180	41.6	62.9	84.1	126.5	147.7	168.9
	67	136	31.5	47.5	63.5	95.6	111.6	127.6	170	39.3	59.4	79.4	119.4	139.5	159.5
2750	62	164	37.9	—	76.6	115.2	134.6	153.9	205	47.4	—	95.7	144.0	168.2	192.3
	63.5	160	37.0	—	74.7	112.4	131.3	150.1	200	46.3	—	93.4	140.5	164.1	187.6
	67	152	35.2	—	71.0	106.8	124.7	142.6	190	44.0	—	88.7	133.5	155.9	178.3
3000	62	180	41.6	62.9	84.1	126.5	147.7	168.9	225	52.1	78.6	105.1	158.1	184.6	211.1
	63.5	176	40.7	61.5	82.2	123.7	144.4	165.1	220	50.9	76.8	102.7	154.6	180.5	206.4
	67	166	38.4	58.0	77.5	116.6	136.2	155.7	208	48.1	72.6	97.1	146.1	170.6	195.2

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

管排数 Z		6							8						
公称宽度 BN/mm	管心距 /mm	排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm						排管根数 n①	管束基管外表面积②A/m² 翅片管长度 L/mm					
			3000	4500	6000	9000	10500	12000		3000	4500	6000	9000	10500	12000
500	62	27	6.2	9.4	12.6	—	—	—	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—
	63.5	27	6.2	9.4	12.6	—	—	—	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—
	67	27	6.2	9.4	12.6	—	—	—	36	8.3	12.6	16.8	—	—	—
750	62	51	11.8	17.8	23.8	—	—	—	68	15.7	23.7	31.8	—	—	—
	63.5	51	11.8	17.8	23.8	—	—	—	68	15.7	23.7	31.8	—	—	—
	67	48	11.1	16.8	22.4	—	—	—	64	14.8	22.3	29.9	—	—	—
1000	62	75	17.4	26.2	35.0	52.7	61.5	70.4	100	—	—	46.7	70.3	82.0	93.8
	63.5	75	17.4	26.2	35.0	52.7	61.5	70.4	100	—	—	46.7	70.3	82.0	93.8
	67	69	16.0	24.1	32.2	48.5	56.6	64.7	92	—	—	43.0	64.6	75.5	86.3
1250	62	99	22.9	34.6	46.2	69.6	81.2	92.9	132	—	—	61.6	92.7	108.3	123.8
	63.5	99	22.9	34.6	46.2	69.6	81.2	92.9	132	—	—	61.6	92.7	108.3	123.8
	67	93	21.5	32.5	43.4	65.3	76.3	87.3	124	—	—	57.9	87.1	101.7	116.3
1500	62	123	28.5	43.0	57.4	86.4	100.9	115.4	164	—	—	76.6	115.2	134.6	153.9
	63.5	120	27.8	41.9	56.0	84.3	98.5	112.6	160	—	—	74.7	112.4	131.3	150.1
	67	114	26.4	39.8	53.2	80.1	93.5	107.0	152	—	—	71.0	106.8	124.7	142.6
1750	62	147	34.0	51.3	68.6	103.3	120.6	137.9	196	—	—	91.5	137.7	160.8	183.9
	63.5	144	33.3	50.3	67.2	101.2	118.1	135.1	192	—	—	89.7	134.9	157.5	180.1
	67	138	31.9	48.2	64.4	97.0	113.2	129.5	184	—	—	85.9	129.3	151.0	172.6
2000	62	174	40.3	60.8	81.3	122.3	142.8	163.3	232	—	—	103.3	163.0	190.3	217.7
	63.5	168	38.9	58.7	78.5	118.0	137.8	157.6	224	—	—	104.6	157.4	183.8	210.2
	67	159	36.8	55.5	74.3	111.7	130.4	149.2	212	—	—	99.0	149.0	173.9	198.9
2250	62	198	45.8	69.1	—	139.1	162.4	185.8	264	—	—	—	185.5	216.6	247.7
	63.5	192	44.4	67.0	—	134.9	17.50	180.1	256	—	—	—	179.9	210.0	240.2
	67	183	42.3	63.9	—	128.6	150.1	171.7	244	—	—	—	171.4	200.2	228.9
2500	62	222	51.4	77.5	103.7	156.0	182.1	208.3	296	—	—	138.2	208.0	242.8	277.7
	63.5	216	50.0	75.4	100.9	151.8	177.2	202.7	288	—	—	134.5	202.4	236.3	270.2
	67	204	47.2	71.2	95.3	143.3	167.4	191.4	272	—	—	127.0	191.1	223.2	255.2
2750	62	246	56.9	—	114.9	172.8	201.8	230.8	328	—	—	153.2	230.5	269.1	307.7
	63.5	240	55.5	—	112.1	168.6	196.9	225.2	320	—	—	149.4	224.8	262.5	300.2
	67	228	52.8	—	106.5	160.2	187.1	213.9	304	—	—	142.0	213.6	249.4	285.2
3000	62	270	62.5	94.3	126.1	189.7	221.5	253.3	360	—	—	168.1	252.9	295.4	337.8
	63.5	264	61.1	92.2	123.3	185.5	216.6	247.7	352	—	—	164.0	247.3	288.8	330.3
	67	249	57.6	86.9	116.3	175.0	204.3	233.6	332	—	—	155.0	233.3	272.4	311.5

① 排管根数按管束实际宽度为管束公称宽度减 100mm、管箱端板厚度为 20mm 确定。

② 管束基管外表面积按管板厚度 δ 为 24mm 确定。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.8.2 结构型式

(1) 空冷器型式

空冷器的结构型式（见图35-159）分为水平式和斜顶式两种。水平式空冷器按通风方式分为鼓风式和引风式两种。

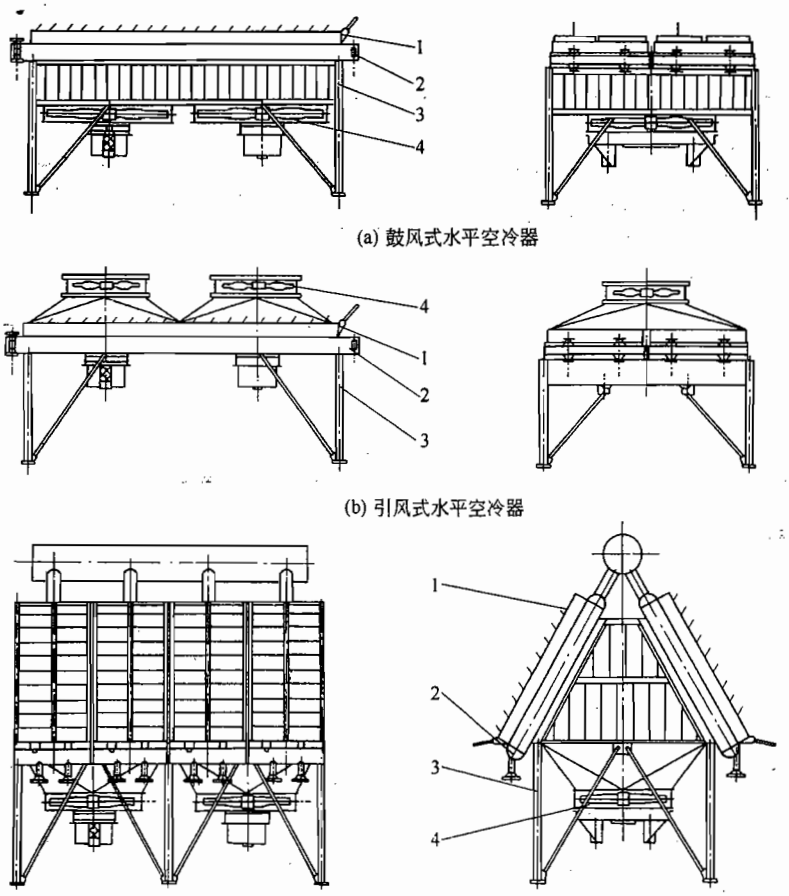
(2) 翅片管

① 翅片管的典型型式和代号见图35-160。

② 翅片管特性参数和排列形式见表35-176。

(3) 构架

① 鼓风式水平构架（代号GJP）型式和规格参数见图35-161、表35-177。



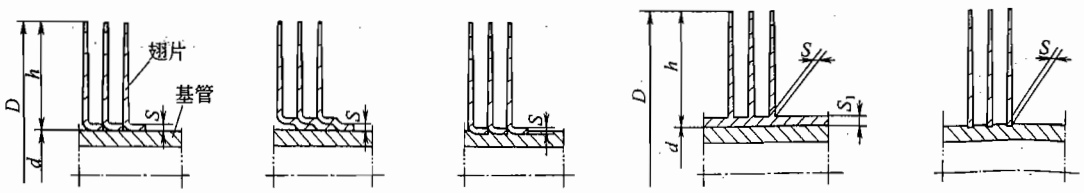
(a) 鼓风式水平空冷器

(b) 引风式水平空冷器

(c) 鼓风式斜顶空冷器

图35-159 空冷器

1—百叶窗；2—管束；3—构架；4—风机



(a) L型翅片管（代号L）

(b) 双L型翅片管（代号LL）

(c) 滚花型翅片管（代号KL）

(d) 双金属轧制翅片管（代号DR）

(e) 镶嵌型翅片管（代号G）

图35-160 翅片管的典型型式和代号

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-176 翅片管特性参数和排列形式

基管外径 d /mm	翅片参数						翅片管排列	
	翅片外径 D /mm	翅片名义厚度 S/mm		每米翅片数	翅片高度 h /mm	DR 型翅片管复层厚度 S_1 /mm	管心距/mm	排列
		L、LL、KL、G	DR					
25	50	0.4	0.8	433 394 354	12.5	0.5	54 56 59	等边三角形
	57			315 276	16		62 63.5 67	

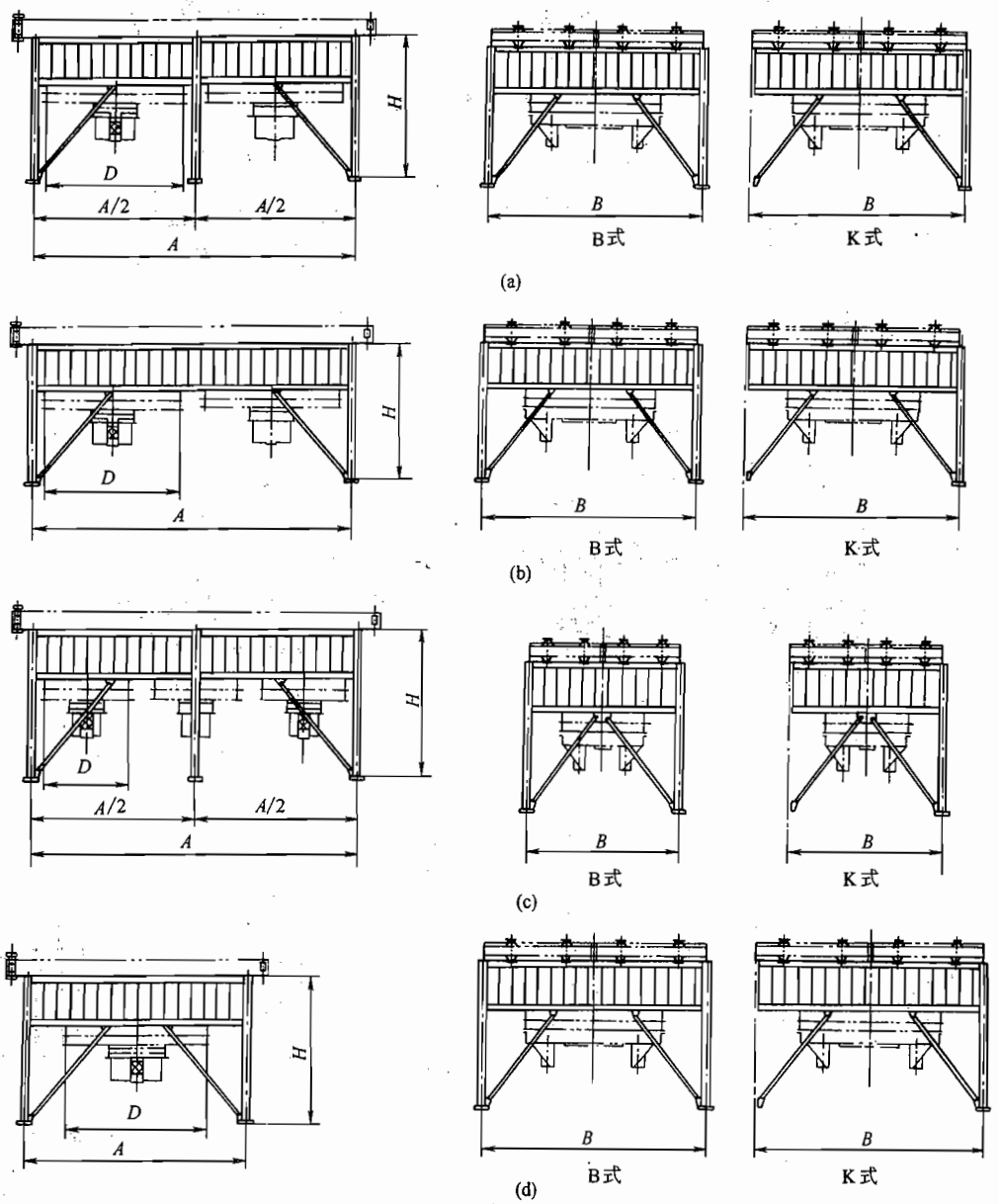


图 35-161 鼓风式水平构架

注：开式构架（代号 K）只能与闭式构架（代号 B）组合使用

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-177 鼓风式水平构架的规格参数

型号	尺寸/mm				配套风机		备注
	A	B	H	叶轮公称直径 D	型号	数量	
K 45 F GJP12.0×6.0 - /2Z B 42 P	11700 (11500)	6000	≥4000	4500	G-45	2	见图 35-161(a)
				4200	G-42		
K 45 F GJP12.0×5.5 - /2Z B 42 P		5500		4500	G-45	2	见图 35-161(a)
				4200	G-42		
K 45 F GJP12.0×5.0 - /2Z B 42 P		5000		4500	G-45	2	见图 35-161(a)
				4200	G-42		
K F GJP12.0×4.5 -39/2Z B P		4500		3900	G-39	2	见图 35-161(a)
K F GJP10.5×6.0 -42/2Z B P	10200 (10000)	6000		4200	G-42	2	见图 35-161(a)
K F GJP10.5×5.5 -39/2Z B P		5500		3900	G-39	2	见图 35-161(a)
K F GJP10.5×5.0 -39/2Z B P		5000		3900	G-39	2	见图 35-161(a)
K F GJP10.5×4.5 -36/2Z B P		4500		3900	G-36	2	见图 35-161(a)
K F GJP10.5×4.0 -36/2Z B P		4000		3600	G-36	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×6.0 -36/2Z B P	8700	6000		3600	G-36	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×5.5 -36/2Z B P		5500		3600	G-36	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×5.0 -36/2Z B P		5000		3600	G-36	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×4.5 -33/2Z B P		4500		3300	G-33	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×4.0 -30/2Z B P		4000		3000	G-30	2	见图 35-161(a)
K F GJP9.0×3.5 -24/3Z B P		3500		2400	G-24	3	见图 35-161(c)
K F GJP9.0×3.0 -24/3Z B P		3000		2400	G-24	3	见图 35-161(c)
K F GJP9.0×2.0 -18/3Z B P		2000		1800	G-18	3	见图 35-161(c)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型号	尺寸/mm				配套风机		备注
	A	B	H	叶轮公称直径 D	型号	数量	
K 45 F GJP6.0×6.0 - /1Z B 42 P	5700	6000	≥4000	4500	G-45	1	见图 35-161(d)
				4200	G-42		
K 45 F GJP6.0×5.5 - /1Z B 42 P		5500		4500	G-45	1	见图 35-161(d)
				4200	G-42		
K 45 F GJP6.0×5.0 - /1Z B 42 P		5000		4500	G-45	1	见图 35-161(d)
				4200	G-42		
K F GJP6.0×4.0 -24/2Z B P		4000		2400	G-24	2	见图 35-161(b)
K F GJP6.0×3.5 -24/2Z B P		3500		2400	G-24	2	见图 35-161(b)
K F GJP6.0×3.0 -24/2Z B P		3000		2400	G-24	2	见图 35-161(b)
K F GJP6.0×2.5 -21/2Z B P		2500		2100	G-21	2	见图 35-161(b)
K F GJP6.0×2.0 -18/2Z B P		2000		1800	G-18	2	见图 35-161(b)
K F GJP4.5×4.5 -39/1Z B P	4200	4500		3900	G-39	1	见图 35-161(d)
K F GJP4.5×4.0 -36/1Z B P		4000		3600	G-36	1	见图 35-161(d)
K F GJP4.5×3.5 -30/1Z B P		3500		3000	G-30	1	见图 35-161(d)
K F GJP4.5×3.0 -18/2Z B P		3000		1800	G-18	2	见图 35-161(b)
K F GJP4.5×2.5 -18/2Z B P		2500		1800	G-18	2	见图 35-161(b)
K F GJP4.5×2.0 -18/2Z B P		2000		1800	G-18	2	见图 35-161(b)
K F GJP3.0×3.0 -24/1Z B P	2700	3000		2400	G-24	1	见图 35-161(d)
K F GJP3.0×2.5 -21/1Z B P		2500		2100	G-21	1	见图 35-161(d)
K F GJP3.0×2.0 -18/1Z B P		2000		1800	G-18	1	见图 35-161(d)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 引风式水平构架（代号 YJP）的型式和规格参数见图 35-162、表 35-178。

③ 斜顶式构架（代号 JX）的型式和规格参数见图 35-163、表 35-179。

(4) 风机

风机的传动机构型式见图 35-164，其基本组合参数见表 35-180。

(5) 百叶窗的型式和规格参数（见图 35-165、表 35-181）

(6) 管箱型式（见图 35-166）

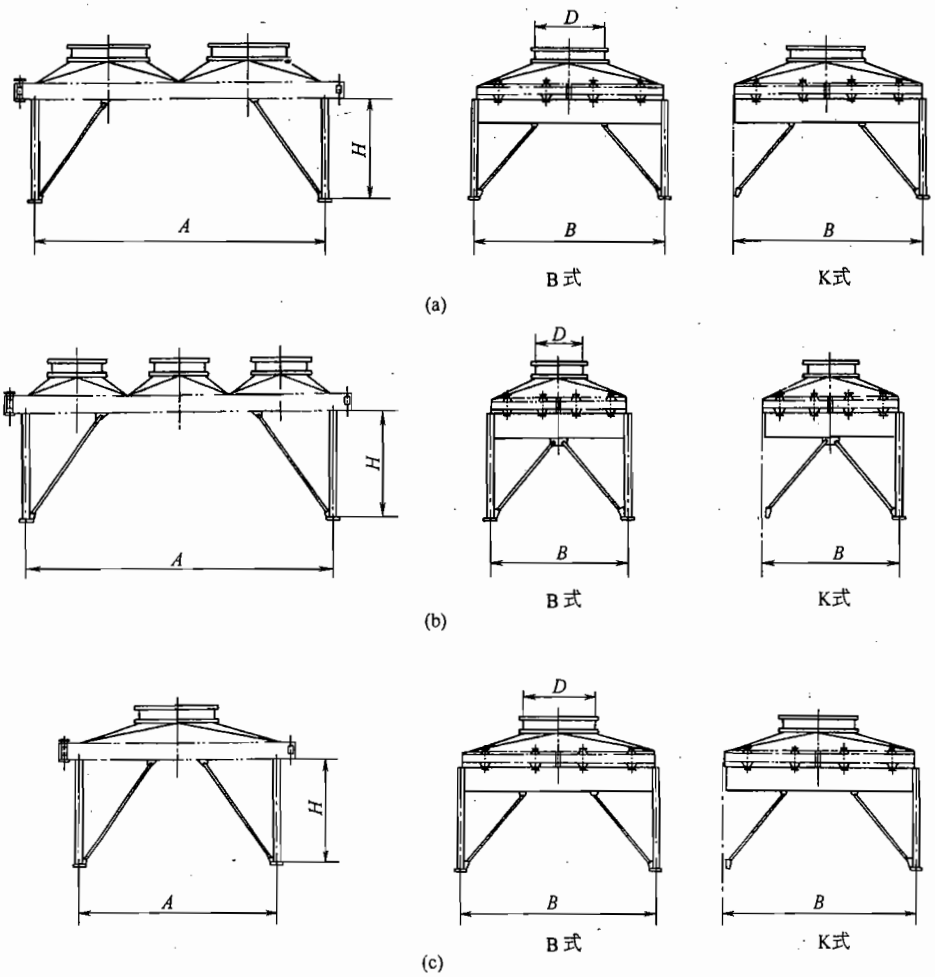


图 35-162 引风式水平构架

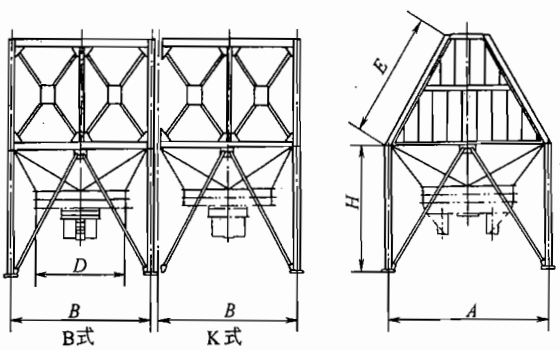


图 35-163 斜顶式构架

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-178 引风式水平构架规格参数

型号	尺寸/mm				配套风机		备注
	A	B	H	叶轮公称直径 D	型号	数量	
K 45 F YJP12.0×6.0 - /2Z B 42 P	11700 (11500)	6000	≥2500	4500	Y-45	2	见图 35-162(a)
				4200	Y-42		
K F YJP12.0×5.5 -42/2Z B P		5500		4200	Y-42	2	见图 35-162(a)
K F YJP12.0×5.0 -42/2Z B P		5000		4200	Y-42	2	见图 35-162(a)
K F YJP12.0×4.5 -39/2Z B P		4500		3900	Y-39	2	见图 35-162(a)
K F YJP10.5×6.0 -42/2Z B P	10200 (10000)	6000		4200	Y-42	2	见图 35-162(a)
K F YJP10.5×5.5 -39/2Z B P		5500		3900	Y-39	2	见图 35-162(a)
K F YJP10.5×5.0 -39/2Z B P		5000		3900	Y-39	2	见图 35-162(a)
K F YJP10.5×4.5 -36/2Z B P		4500		3600	Y-36	2	见图 35-162(a)
K F YJP10.5×4.0 -36/2Z B P		4000		3600	Y-36	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×6.0 -36/2Z B P	8700	6000		3600	Y-36	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×5.5 -36/2Z B P		5500		3600	Y-36	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×5.0 -36/2Z B P		5000		3600	Y-36	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×4.5 -33/2Z B P		4500		3300	Y-33	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×4.0 -30/2Z B P		4000		3000	Y-30	2	见图 35-162(a)
K F YJP9.0×3.5 -24/3Z B P		3500		2400	Y-24	3	见图 35-162(b)
K F YJP9.0×3.0 -24/3Z B P		3000		2400	Y-24	3	见图 35-162(b)
K F YJP9.0×2.0 -18/3Z B P		2000		1800	Y-18	3	见图 35-162(b)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

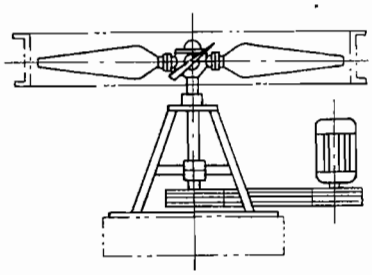
续表

型号	尺寸/mm				配套风机		备注
	A	B	H	叶轮公称直径 D	型号	数量	
K 45 F YJP6.0×6.0 - /1Z B 42 P	5700	6000	≥2500	4500	Y-45	1	见图 35-162(c)
				4200	Y-42		
K F YJP6.0×5.5 -42/1Z B P		5500		4200	Y-42	1	见图 35-162(c)
K F YJP6.0×5.0 -42/1Z B P		5000		4200	Y-42	1	见图 35-162(c)
K F YJP6.0×4.0 -24/2Z B P		4000		2400	Y-24	2	见图 35-162(a)
K F YJP6.0×3.5 -24/2Z B P		3500		2400	Y-24	2	见图 35-162(a)
K F YJP6.0×3.0 -24/2Z B P	5700	3000		2400	Y-24	2	见图 35-162(a)
K F YJP6.0×2.5 -21/2Z B P		2500		2100	Y-21	2	见图 35-162(a)
K F YJP6.0×2.0 -18/2Z B P		2000		1800	Y-18	2	见图 35-162(a)
K F YJP4.5×4.5 -39/1Z B P	4200	4500		3900	Y-39	1	见图 35-162(c)
K F YJP4.5×4.0 -36/1Z B P		4000		3600	Y-36	1	见图 35-162(c)
K F YJP4.5×3.5 -30/1Z B P		3500		3000	Y-30	1	见图 35-162(c)
K F YJP4.5×3.0 -18/2Z B P		3000		1800	Y-18	2	见图 35-162(a)
K F YJP4.5×2.5 -18/2Z B P		2500		1800	Y-18	2	见图 35-162(a)
K F YJP4.5×2.0 -18/2Z B P		2000		1800	Y-18	2	见图 35-162(a)
K F YJP3.0×3.0 -24/1Z B P	2700	3000		2400	Y-24	1	见图 35-162(c)
K F YJP3.0×2.5 -21/1Z B P		2500		2100	Y-21	1	见图 35-162(c)
K F YJP3.0×2.0 -18/1Z B P		2000		1800	Y-18	1	见图 35-162(c)

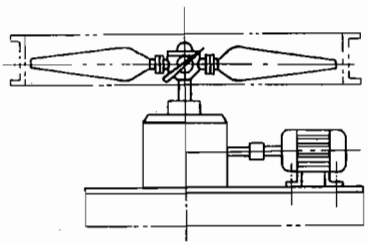
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-179 斜顶式构架规格参数 /mm

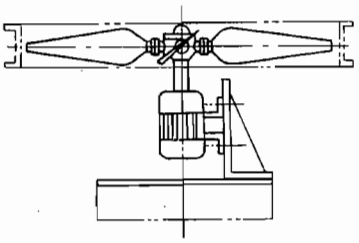
型 号	A	B	E	D	H	备 注
JX5×4×4.5 $\frac{K}{B}$-36/1Z	5000	4000	4500	3600	≥4000	适用于翅片管立排的管束
JX5×5×4.5 $\frac{K}{B}$-42/1Z	5000	5000		4200		
JX5×6×4.5 $\frac{K}{B}$-42/1Z	5000	6000		4200		
JX3×6×3 $\frac{K}{B}$-24/2Z	3000	5700	3000	2400		适用于翅片管横排的管束
JX3×9×3 $\frac{K}{B}$-24/3Z	3000	8700		2400		



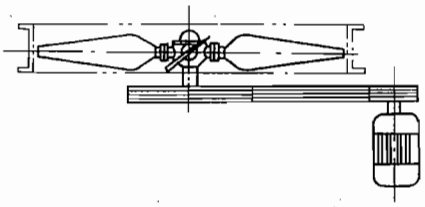
(a) V带传动



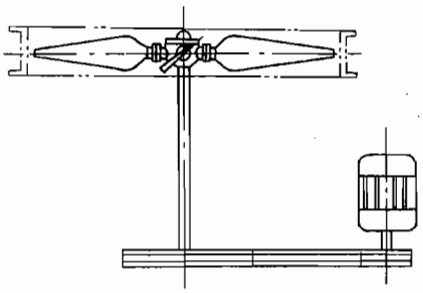
(b) 齿轮减速器传动



(c) 电动机直接传动



(d) 悬挂式V带传动电动机轴朝上



(e) 悬挂式V带传动电动机轴朝下

图 35-164 风机的传动机构

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-180 风机传动的基本组合参数

型 号	叶轮公称直径 D/mm	叶片型式	叶片数	型 号	叶轮公称直径 D/mm	叶片型式	叶片数
×①-TF18R4-×②×③	1800	R	4	×-ZF24R6-××	2400	R	6
×-TF18R5-××			5	×-TF24B4-××	2400	B	4
×-TF18R6-××			6	×-TF24B5-××			5
×-ZFJ18R4-××			4	×-TF24B6-××			6
×-ZFJ18R5-××			5	×-ZFJ24B4-××			4
×-ZFJ18R6-××			6	×-ZFJ24B5-××			5
×-TF18B4-××	1800	B	4	×-ZFJ24B6-××			6
×-TF18B5-××			5	×-BFJ24B4-××			4
×-TF18B6-××			6	×-BFJ24B5-××			5
×-ZFJ18B4-××			4	×-BFJ24B6-××			6
×-ZFJ18B5-××			5	×-TF24L4-××	2400	L	4
×-ZFJ18B6-××			6	×-TF27B4-××	2700	B	4
×-BF18B4-××			4	×-TF27B5-××			5
×-BF18B5-××			5	×-TF27B6-××			6
×-BF18B6-××			6	×-ZFJ27B4-××			4
×-TF21B4-××	2100	B	4	×-ZFJ27B5-××			5
×-TF21B5-××			5	×-ZFJ27B6-××			6
×-TF21B6-××			6	×-BF27B4-××			4
×-ZFJ21B4-××			4	×-BF27B5-××			5
×-ZFJ21B5-××			5	×-BF27B6-××			6
×-ZFJ21B6-××			6	×-TF30R4-××	3000	R	4
×-BF21B4-××			4	×-TF30R5-××			5
×-BF21B5-××			5	×-TF30R6-××			6
×-BF21B6-××			6	×-ZFJ30R4-××			4
×-TF24R4-××	2400	R	4	×-ZFJ30R5-××			5
×-TF24R5-××			5	×-ZFJ30B6-××			6
×-TF24R6-××			6	×-TF30B4-××	3000	B	4
×-ZF24R4-××			4	×-TF30B5-××			5
×-ZF24R5-××			5	×-TF30B6-××			6

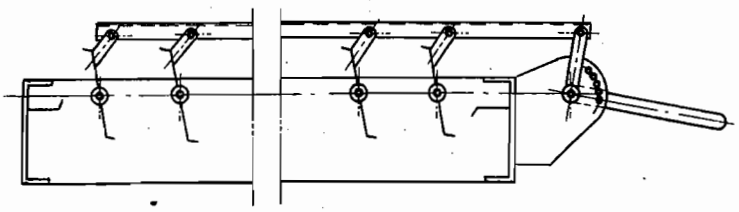
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

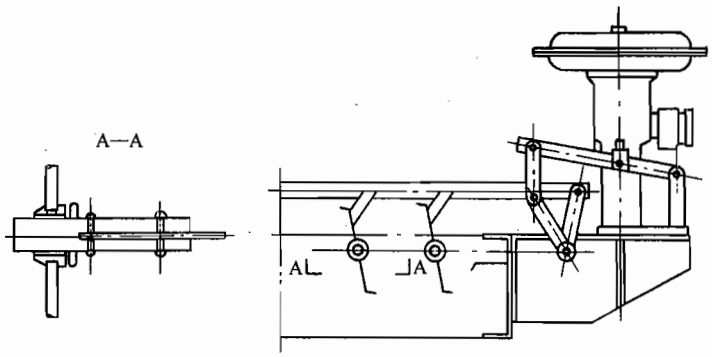
型　号	叶轮公称直径 D/mm	叶片型式	叶片数	型　号	叶轮公称直径 D/mm	叶片型式	叶片数
×-ZFJ30B4-××	3000	B	4	×-BF36B5-××	3600	B	5
×-ZFJ30B5-××			5	×-BF36B6-××			6
×-ZFJ30B6-××			6	×-TF36L4-××	3600	L	4
×-BF30B4-××			4	×-TF39B4-××	3900	B	4
×-BF30B5-××			5	×-TF39B5-××			5
×-BF30B6-××			6	×-TF39B6-××			6
×-TF33B4-××	3300	B	4	×-ZFJ39B4-××			4
×-TF33B5-××			5	×-ZFJ39B5-××			5
×-TF33B6-××			6	×-ZFJ39B6-××			6
×-ZFJ33B4-××			4	×-BF39B4-××			4
×-ZFJ33B5-××			5	×-BF39B5-××			5
×-ZFJ33B6-××			6	×-BF39B6-××			6
×-BF33B4-××			4	×-TF42B4-××	4200	B	4
×-BF33B5-××			5	×-TF42B5-××			5
×-BF33B6-××			6	×-TF42B6-××			6
×-TF36R4-××	3600	R	4	×-ZFJ42B4-××			4
×-TF36R5-××			5	×-ZFJ42B5-××			5
×-TF36R6-××			6	×-ZFJ42B6-××			6
×-ZFJ36R4-××			4	×-BF42B4-××			4
×-ZFJ36R5-××			5	×-BF42B5-××			5
×-ZFJ36R6-××			6	×-BF42B6-××			6
×-TF36B4-××	3600	B	4	×-TF42L4-××	4200	L	4
×-TF36B5-××			5	×-TF45R4-××	4500	R	4
×-TF36B6-××			6	×-ZFJ45R4-××			4
×-ZFJ36B4-××			4	×-ZFJ45R5-××			5
×-ZFJ36B5-××			5	×-ZFJ45R6-××			6
×-ZFJ36B6-××			6	×-BF45R6-××			6
×-BF36B4-××							

①表示通风方式。②表示风机传动方式。③表示电动机功率。

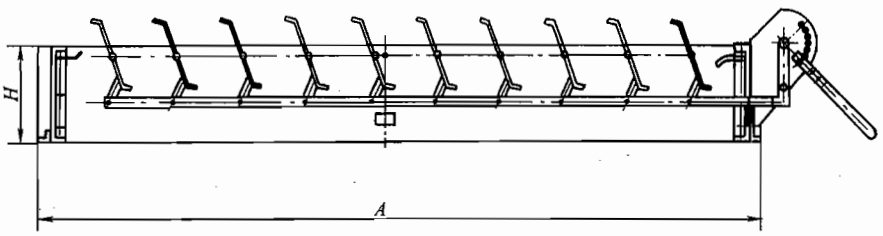
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



(a) 手动调节



(b) 自动调节



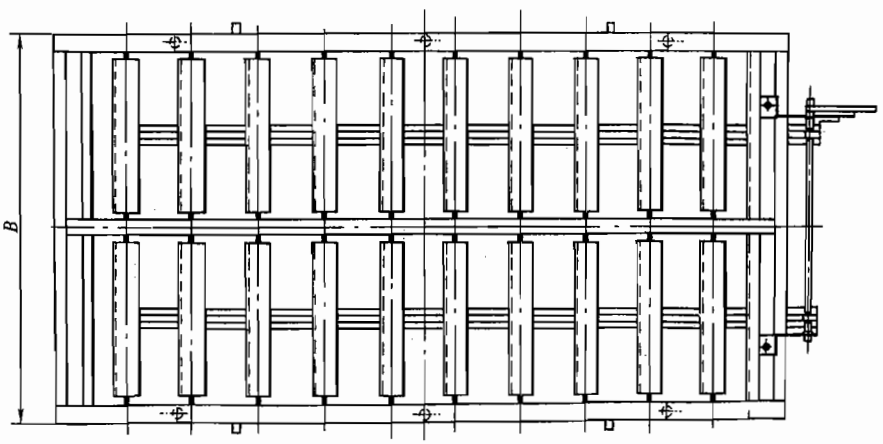


图 35-165　百叶窗型式

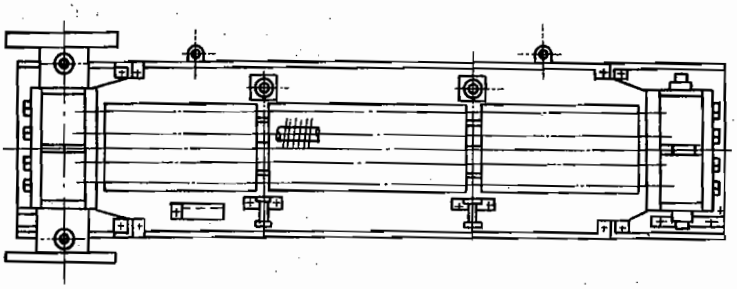
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-181 百叶窗规格参数

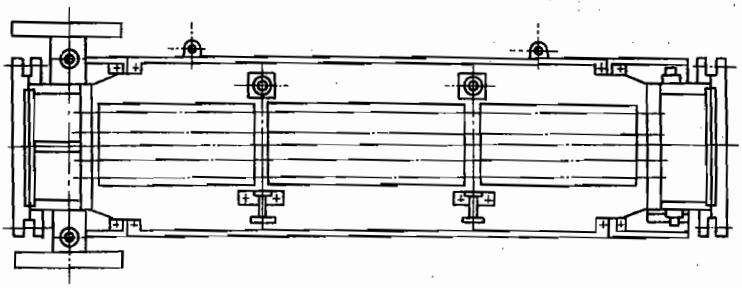
型号	A/mm	H/mm	B①/mm 鼓风式	B①/mm 引风式	型号	A/mm	H/mm	B①/mm 鼓风式	B①/mm 引风式
SC12×3 ZC12×3			2960	2880	SC6×2.5 ZC6×2.5			2460	2380
SC12×2.75 ZC12×2.75			2710	2630	SC6×2 ZC6×2			1960	1880
SC12×2.5 ZC12×2.5			2460	2380	SC6×1.75 ZC6×1.75			1710	1630
SC12×2.25 ZC12×2.25	11780		2210	2130	SC6×1.5 ZC6×1.5	5780		1460	1380
SC12×2 ZC12×2			1960	1880	SC6×1.25 ZC6×1.25			1210	1130
SC12×1.75 ZC12×1.75	(11580)		1710	1630	SC6×1 ZC6×1			960	880
SC12×1.5 ZC12×1.5			1460	1380	SC6×0.75 ZC6×0.75			710	630
SC12×1.25 ZC12×1.25			1210	1130	SC6×0.5 ZC6×0.5			460	380
SC12×1 ZC12×1			960	880	SC4.5×3 ZC4.5×3			2960	2880
SC10.5×3 ZC10.5×3			2960	2880	SC4.5×2.5 ZC4.5×2.5			2460	2380
SC10.5×2.75 ZC10.5×2.75			2710	2630	SC4.5×2.25 ZC4.5×2.25			2210	2130
SC10.5×2.5 ZC10.5×2.5			2460	2380	SC4.5×2 ZC4.5×2			1960	1880
SC10.5×2.25 ZC10.5×2.25	10280		2210	2130	SC4.5×1.75 ZC4.5×1.75	4280		1710	1630
SC10.5×2 ZC10.5×2			1960	1880	SC4.5×1.5 ZC4.5×1.5			1460	1380
SC10.5×1.75 ZC10.5×1.75	(10080)	300	1710	1630	SC4.5×1.25 ZC4.5×1.25		300	1210	1130
SC10.5×1.5 ZC10.5×1.5			1460	1380	SC4.5×1 ZC4.5×1			960	880
SC10.5×1.25 ZC10.5×1.25			1210	1130	SC4.5×0.75 ZC4.5×0.75			710	630
SC10.5×1 ZC10.5×1			960	880	SC4.5×0.5 ZC4.5×0.5			460	380
SC9×3 ZC9×3			2960	2880	SC3×3 ZC3×3			2960	2880
SC9×2.75 ZC9×2.75			2710	2630	SC3×2.75 ZC3×2.75			2710	2630
SC9×2.5 ZC9×2.5			2460	2380	SC3×2.5 ZC3×2.5			2460	2380
SC9×2.25 ZC9×2.25			2210	2130	SC3×2.25 ZC3×2.25			2210	2130
SC9×2 ZC9×2	8780		1960	1880	SC3×2 ZC3×2			1960	1880
SC9×1.75 ZC9×1.75			1710	1630	SC3×1.75 ZC3×1.75	2780		1710	1630
SC9×1.5 ZC9×1.5			1460	1380	SC3×1.5 ZC3×1.5			1460	1380
SC9×1.25 ZC9×1.25			1210	1130	SC3×1.25 ZC3×1.25			1210	1130
SC9×1 ZC9×1			960	880	SC3×1 ZC3×1			960	880
SC6×3 ZC6×3	5780		2960	2880	SC3×0.75 ZC3×0.75			710	630
SC6×2.75 ZC6×2.75			2710	2630	SC3×0.5 ZC3×0.5			460	380

① 鼓风式、引风式的尺寸 B 分别按管束实际宽度为管束公称宽度减 20mm 和 100mm 确定。

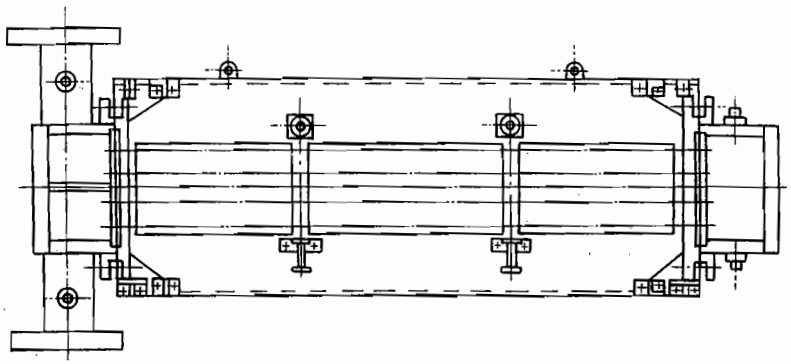
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



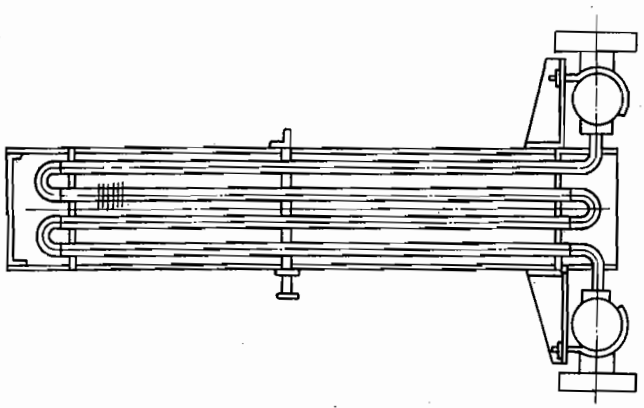
(a) 丝堵式管箱的管束



(b) 可卸盖板式管箱的管束



(c) 可卸帽盖式管箱的管束



(d) 集合管式管箱的管束

图 35-166　管箱型式

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.8.3 安装尺寸

(1) 管箱

① 接管法兰的密封面型式：凸面、凹凸面。

② 接管公称直径 DN：50、80、100、150、200、250、300mm。

③ 接管的数量和位置尺寸，见图 35-167 和表 35-182。

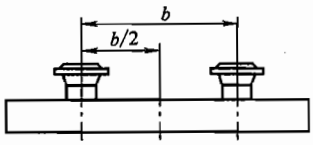


图 35-167 管箱安装位置

表 35-182 管箱安装尺寸

公称宽度 BN/mm	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000
接管数量	1			2							
接管间距 b/mm	—			625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500

(2) 构架底板

构架底板螺栓孔位置尺寸见图 35-168。图中 A、B 尺寸见表 35-177～表 35-179。

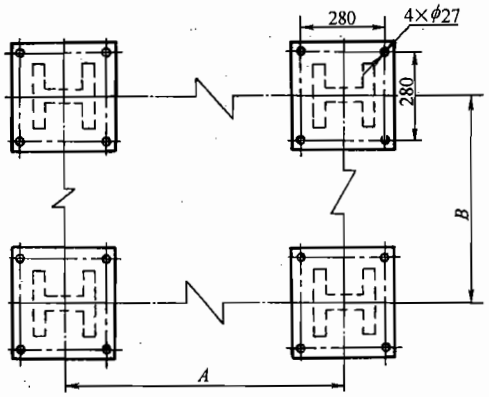


图 35-168 构架底板螺栓孔位置尺寸

6.8.4 型号标记

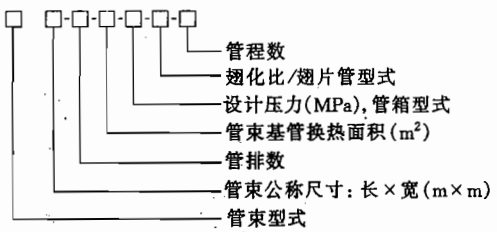
(1) 管束

① 管束型式和代号（见表 35-183）

表 35-183 管束型式和代号

管束型式(见图 35-159)	代　号
鼓风式水平管束	GP
斜顶管束	X
引风式水平管束	YP
管箱型式(见图 35-166)	代　号
丝堵式管箱	S
可卸盖板式管箱	K_1
可卸帽盖式管箱	K_2
集合管式管箱	J
翅片管型式(见图 35-160)	代　号
L 型翅片管	L
双 L 型翅片管	LL
滚花型翅片管	KL
双金属轧制翅片管	DR
镶嵌型翅片管	G

② 管束型号表示方法



③ 标记示例

a. 鼓风式水平管束　长 9m、宽 2m；6 排管；基管换热面积 140m²；设计压力 4MPa；可卸盖板式管箱；镶嵌式翅片管，翅化比 17.3；Ⅵ管程的管束型号为

GP 9×2-6-140-4K_1-17.3/G -Ⅵ

b. 斜顶管束　长 4.5m、宽 3m；4 排管；基管换热面积 63.6m²；设计压力 1.6MPa；丝堵式管箱；双 L 型翅片管，翅化比 23.0；Ⅰ管程的管束型号为

X4.5×3-4-63.6-1.6S-23.0/LL-Ⅰ

(2) 风机

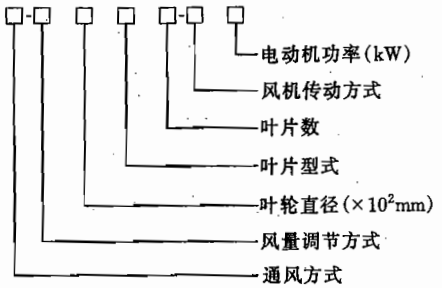
① 风机型式和代号（见表 35-184）

表 35-184 风机型式和代号

通风方式	代号	风量调节方式	代号	叶片型式	代号	风机传动方式（见图 35-164）	代号
鼓风式	G	停机手动调角风机	TF	R 型玻璃钢叶片	R	V 带传动	V
引风式	Y	不停机手动调角风机	BF	B 型玻璃钢叶片	B	齿轮减速器传动	C
		自动调角风机	ZFJ	铸铝叶片	L	电动机直接传动	Z
		自动调速风机	ZFS			悬挂式 V 带传动，电机轴朝上	Vs
						悬挂式 V 带传动，电机轴朝下	Vx

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

② 风机型号表示方法



③ 标记示例

a. 鼓风式 停机手动调角风机、直径 2400mm、B 型玻璃钢叶片、叶片数 4 个；悬挂式电动机轴朝 V 带传动、电动机功率 18.5kW 的风机型号为

G -TF 24B4-Vs 18.5

b. 引风式 自动调角风机、直径 3000mm、R 型玻璃钢叶片、叶片数 6 个；带支架的直角齿轮传动、电动机功率 15kW 的风机型号为

Y-ZFJ 30R6-C15

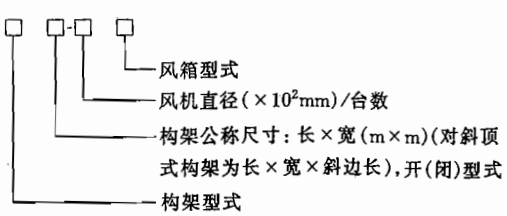
(3) 构架

① 构架型式和代号（见表 35-185）。

表 35-185 构架型式和代号

构架型式	代号
鼓风式水平构架	GJP
斜顶构架	JX
引风式水平构架	YJP
构架开(闭)型式	代号
开式构架	K
闭式构架	B
风箱型式	代号
方箱型	F
过渡锥型	Z
斜坡型	P

② 构架型号表示方法



③ 标记示例

a. 鼓风式空冷器水平构架、长 9m、宽 4m；风机直径 3600mm、2 台、方箱型风箱；闭式构架型号为

GJP 9×4B-36/2F

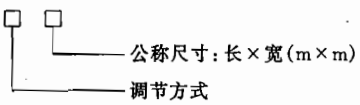
b. 鼓风式空冷器斜顶构架、长 5m、宽 6m、斜顶边长 4.5m；风机直径 4500mm、1 台、过渡锥型风箱；闭式构架的型号为

JX 5×6×4.5/B-45/1Z

(4) 百叶窗

① 百叶窗型式与代号 手动调节代号 SC；自动调节代号 ZC（见图 35-165）。

② 百叶窗型号表示方法



③ 标记示例

a. 手动调节百叶窗、长 9m、宽 3m 其型号为

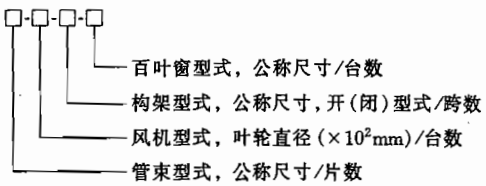
SC 9×3

b. 自动调节百叶窗、长 6m、宽 2m 其型号为

ZC 6×2

(5) 空冷器

① 空冷器型号的表示方法



② 标记示例

a. 鼓风式空冷器

鼓风式空冷器、水平式管束、长×宽为 9m×3m、4 片；停机手动调角风机、直径 3600mm、4 台；水平式构架、长×宽为 9m×6m；一跨闭式构架，一跨开式构架；手动调节百叶窗、4 台、长×宽为 9m×3m 的空冷器型号为

$$GP\ 9\times3/4\text{-}TF\ 36/4\text{-}\frac{GJP\ 9\times6B/1}{GJP\ 9\times6K/1}\text{-}SC\ 9\times3/4$$

b. 引风式空冷器

引风式空冷器、水平管束、长×宽为 9m×3m、2 片；自动调角风机、直径 3600mm、1 台，停机手动调角风机、直径 3600mm、1 台；水平式构架、长×宽为 9m×6m、一跨闭式构架；自动调节百叶窗、长×宽为 9m×3m、2 台的空冷器型号为

$$YP\ 9\times3/2\text{-}\frac{ZFJ\ 36/1}{TF\ 36/1}\text{-}YJP\ 9\times6B/1\text{-}ZC\ 9\times3/2$$

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

6.9　石墨换热器

不透性石墨是既耐腐蚀又能导热的非金属材料，在化学工业，如氯碱、农药、合成盐酸等生产中已广泛应用。其中酚醛树脂浸渍石墨除强氧化性酸和强碱外，对大部分有机物、无机物、盐类、溶剂等均有良好的耐腐蚀性能，导热系数比一般碳钢大两倍多，热膨胀系数小，耐温急变性能好但机械强度较低、脆性较大。酚醛树脂浸渍石墨的物理力学性能见表35-186。

表35-186　石墨及浸渍石墨块材物理力学性能

项　目	未浸渍石墨块材	酚醛树脂浸渍石墨
真密度/(kg/m³)	≥2.18×10³	≥2.03×10³
体积密度/(kg/m³)	≥1.52×10³	≥1.80×10³
抗压强度/MPa	≥17.6	≥60.0
抗拉强度/MPa	≥3.50	≥14.0
抗弯强度/MPa	≥6.40	≥27.0
热导率/[W/(m·K)]		(105～128)
线胀系数/K⁻¹	(2.20～2.90)×10⁻⁵(130℃)	(5.10～5.70)×10⁻⁶(130℃)
许用温度/℃	—	170

注：加（　）的数字为参考值。

石墨热交换器包括列管式石墨换热器，YKA型圆块孔式石墨换热器、矩形块孔式石墨换热器、列管式石墨降膜吸收器、水套式石墨氯化氢合成炉以及石墨制零部件。

6.9.1　浮头列管式石墨换热器（HG/T 3112—1998）

本标准适用于以不透性石墨为材料，采用石墨酚醛胶黏剂粘接的浮头列管式石墨换热器。

(1) 基本参数

① 设计压力　管程 $DN \leqslant 900$ 时，0.3MPa，$DN > 900$ 时，0.2MPa。壳程 $DN \leqslant 1100$ 时，0.3MPa，$DN > 1100$ 时，0.2MPa。

② 设计温度　管程−20～130℃；壳程−20～120℃。

③ 公称直径 DN300～2000mm。

④ 公称面积 FN5～660m²。

⑤ 有效长度 2000～6000mm。

⑥ 换热管直径　A型 ϕ32/ϕ22；B型 ϕ50/ϕ36。

(2) 结构型式（见图35-169）。

(3) 系列参数组合（见表35-187）。

(4) 标记方法

标记示例

筒体公称直径 ϕ550mm，公称换热面积 30m²，换热管直径为 ϕ32/ϕ22mm，下封头不带分离结构的浮头列管式石墨换热器，其标记为

GHA 550-30

筒体公称直径 ϕ1200mm，公称换热面积 200m²，换热管直径为 ϕ50/ϕ36mm，下封头带有分离结构的浮头列管式石墨换热器，其标记为

GHB 1200-200F

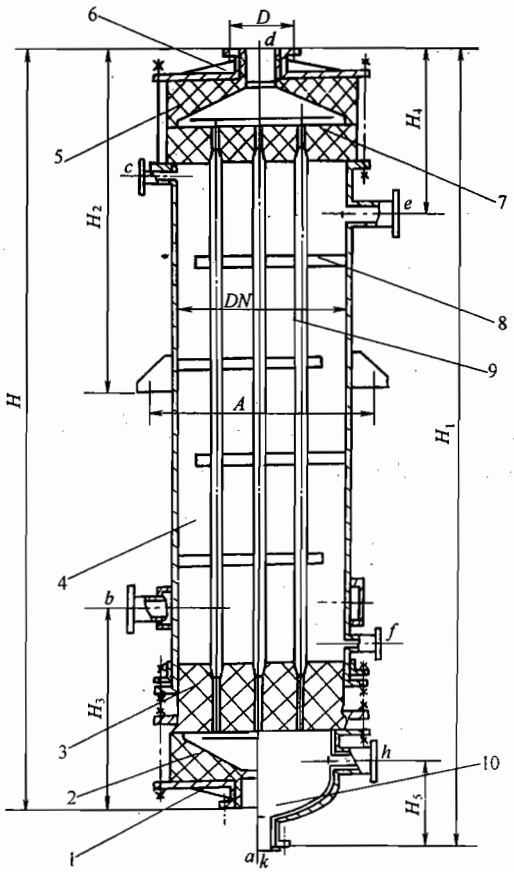
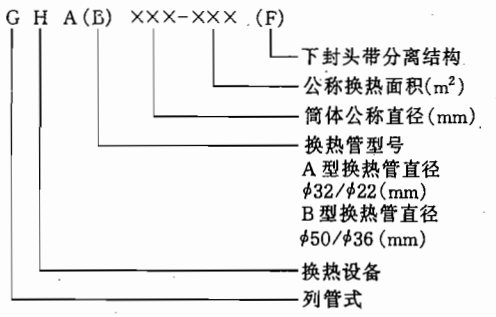


图35-169　浮头列管式石墨换热器

1—下盖板；2—下封头；3—浮动管板；4—壳体；5—上封头；6—上盖板；7—固定管板；8—折流板；9—换热管；10—F型下封头



化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-187 浮头列管式石墨换热器系列参数组合

型号	换热管根数	换热管有效长度/mm														
		2000			3000			4000			5000			6000		
		换热面积/m²														
		公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计
CHA300-5(F)	38	5	5.3	7.6												
CHA300-10(F)	38				10	7.9	11.4									
CHA400-10(F)	61	10	8.5	12.2												
CHA400-15(F)	61				15	12.6	18.4									
CHA400-20(F)	61							20	16.9	24.5						
CHA450-20(F)	85				20	17.6	25.6									
CHA450-30(F)	85							30	28.5	34.2						
CHA500-25(F)	109				25	22.6	32.8									
CHA500-35(F)	109							35	30.1	43.8						
CHA550-30(F)	121				30	25.0	36.4									
CHA550-40(F)	121							40	33.4	48.6						
CHA600-35(F)	151				35	31.3	45.5									
CHA600-50(F)	151							50	46.7	60.7						
CHA650-45(F)	187				45	38.8	56.3									
CHA650-60(F)	187							60	51.7	75.2						
CHA700-60(F)	235				60	48.6	70.0									
CHA700-80(F)	235							80	64.9	94.5						
CHA700-100(F)	235										100	81.1	118			
CHA800-80(F)	313				80	64.8	94.3									
CHA800-105(F)	313							105	86.4	126						
CHA800-130(F)	313										130	108	157			
CHA900-105(F)	417				105	86.3	126									
CHA900-140(F)	417							140	115	168						
CHA900-175(F)	417										175	144	209			
CHA1000-150(F)	505				130	105	152									
CHA1000-170(F)	505							170	189	203						
CHA1000-270(F)	505										210	174	253			
CHA1100-160(F)	625				160	129	188									
CHA1100-210(F)	625							210	173	251						
CHA1100-260(F)	625										260	216	313			
CHA1200-305(F)	721										305	249	362			
CHA1200-365(F)	721													365	299	435
CHA1400-395(F)	931										395	322	468			
CHA1400-475(F)	931													475	386	562
CHA1600-500(F)	1177										500	407	592			
CHA1600-600(F)	1177													600	488	710
CHA1800-675(F)	1597										675	552	803			
CHA1800-810(F)	1597													810	662	963
CHB1200-160(F)	295							160	133	185						

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型　号	换热管根数	换热管有效长度/mm														
		2000			3000			4000			5000			6000		
		换热面积/m²														
		公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计	公称面积	按管内计	按管外计
CHB1200-200(F)	295										200	167	232			
CHB1400-200(F)	367							200	166	231						
CHB1400-250(F)	367										250	208	288			
CHB1600-270(F)	499							270	226	314						
CHB1600-335(F)	499										335	282	392			
CHB1800-440(F)	649										440	367	510			
CHB1800-525(F)	649													525	440	612
CHB2000-550(F)	817										550	462	642			
CHB2000-660(F)	817													660	554	770

6.9.2　YKA 型圆块孔式石墨换热器（HG/T 3113—1998）

本标准适用于以不透性石墨材料制造的 YKA 型圆块孔式石墨换热器。这种换热器适用于作再沸器、加热器和冷却器等。

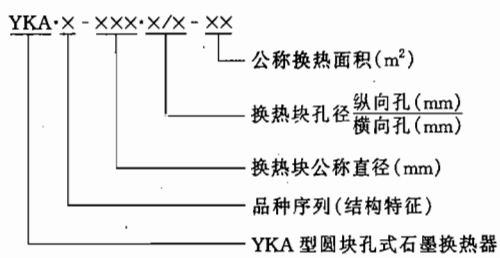
(1) 基本参数

设计压力 0.4MPa，设计温度－20～165℃。

(2) 结构型式（见图 35-170）

(3) 系列参数组合（见表 35-188）

(4) 标记方法



标记示例

换热器的换热块公称直径为 ϕ500mm，纵向孔径为 ϕ16mm，横向孔径为 ϕ10mm，公称换热面积为 20m² 的切向型圆块孔式石墨换热器，其标记为

YKA·Ⅰ-500·16/10-20。

6.9.3　矩形块孔石墨换热器（HG/T 3187—1999）

本标准适用于以酚醛树脂浸渍不透性石墨为材料制作的矩形块孔式石墨换热器。这种换热器可用于加热、冷却和冷凝等。

① 技术特性　设计压力：纵向 0.5MPa，横向 0.3MPa；

设计温度：－15～150℃。

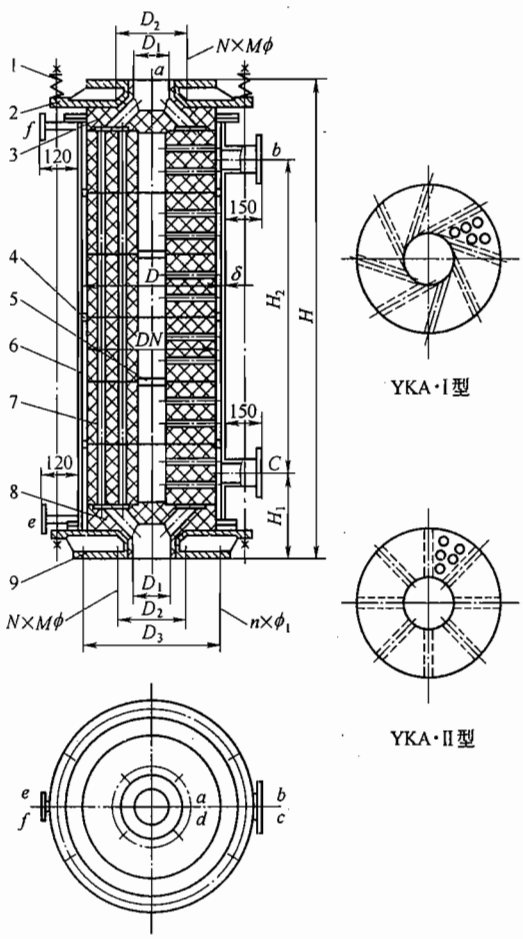


图 35-170　YKA 型圆块孔式石墨换热器

1—调节弹簧；2—上盖板；3—上封头；4—外折流板；5—内折流板；6—钢制外壳；7—换热管；8—下封头；9—下盖板

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-188　YKA 型圆块孔式石墨换热器系列参数组合

型号	系列、规格和参数						安装尺寸/mm											质量/kg
	公称换热面积/m^2	实际面积/m^2			单程截面积/cm^2		DN	D	D_1	D_2	D_3	δ	H	H_1	H_2	$n\times M\phi$	$n\times\phi_1$	
		纵向	横向	平均	纵向	横向												
YKA·Ⅰ-300 $\frac{10}{10}$	5	6.7	5.4	6.1	122.5	141.4	300	330	100	180	320	4	1620	250	1110	8×M16	6×ϕ18	360
	10	11.2	9.0	10.1									2498		1987			480
YKA·Ⅰ-300 $\frac{16}{10}$	5	4.9	4.9	4.9	140.8	117.8							1620		1110			360
	10	9.8	9.8	9.8									2936		2425			542
YKA·Ⅰ-400 $\frac{10}{10}$	10	12.5	9.0	10.7	226.2	188.5	400	430	125	240	420	4	1664	280	1130	8×M16	6×ϕ18	554
	15	16.6	12	14.3									2103		1570			647
	20	25	18	21.5									2981		2447			836
YKA·Ⅰ-400 $\frac{16}{10}$	10	13.1	10.7	11.9	281.5	164.9							2103		1570			636
	15	16.4	13.4	14.9									2540		2010			727
	20	23	18.8	20.9									3420		2887			910
YKA·Ⅰ-400 $\frac{22}{10}$	10	11.6	8.4	10	342.1	117.8							2103		1570			627
	15	17.4	12.8	15.1									2981		2447			806
	20	23.2	17.0	20.1									3860		3325			985
YKA·Ⅰ-500 $\frac{16}{10}$	20	22.8	20.2	21.5	398.1	212	500	530	200	325	520	4	2629	280	2060	12×M16	8×ϕ18	1090
	25	27.4	24.2	25.8									3074		2505			1220
	30	31.9	28.3	30.1									3520		2950			1350
YKA·Ⅰ-500 $\frac{22}{10}$	20	21.6	19	20.3	486.6	263.9							2830	290	2210			1150
	25	27	23.7	25.4									3440		2810			1330
	30	32.4	28.4	30.4									4040		3410			1520
YKA·Ⅰ-600 $\frac{16}{10}$	40	47.1	37	42	627.3	377	600	640	250	395	560	6	3410	295	2740	12×M20	8×ϕ23	2117
	50	56.5	44.3	50.4									4010		3340			2400
	60	65.9	51.7	58.8									4610		3940			2683
YKA·Ⅱ-300 $\frac{12}{10}$	1.4	1.56	1.32	1.44	113	188	304	360	130	210		4	710	190	330	8×M16		379
	4.2	4.68	3.96	4.32									1514		1134			518
	7.0	7.80	6.60	7.20									2318		1938			667
	9.8	10.92	9.24	10.08									3122		2742			815
YKA·Ⅱ-400 $\frac{12}{10}$	2.3	2.47	2.17	2.32	174	264	395	450	150	240		5	722	195	332	8×M20		506
	6.9	7.41	6.51	6.96									1528		1138			697
	11.5	12.35	10.85	11.6									2334		1944			890
	16.1	17.29	15.19	16.24									3140		2750			1080
	20.7	22.23	19.53	20.88									3946		2556			1270
YKA·Ⅱ-400 $\frac{18}{15}$	1.6	1.8	2.0	1.9	183	381	395	450	150	240		5	722	195	332	8×M20		506
	4.8	5.4	6.0	5.70									1528		1138			697
	8.0	9.0	10.0	9.50									2334		1944			890

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

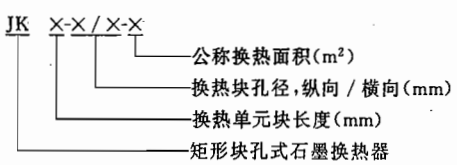
型号	系列、规格和参数						安装尺寸/mm											质量/kg
	公称换热面积/m²	实际面积/m²			单程截面积/cm²		DN	D	D_1	D_2	D_3	δ	H	H_1	H_2	$n\times M\phi$	$n\times\phi_1$	
		纵向	横向	平均	纵向	横向												
YKA·Ⅱ-400 18/15	11.2	12.6	14.0	13.3	183	381	395	450	150	240		5	3140	195	2750	8×M20		1080
	14.4	16.2	18.0	17.1									3946		3556			1270
YKA·Ⅱ-500 12/12	3.4	4.3	2.9	3.60	307	362	500	560	200	295		5	780	222	336	8×M20		766
	10.2	12.9	8.7	10.8									1586		1142			1041
	17.0	21.5	14.5	18.0									2392		1948			1349
	23.8	30.1	20.3	25.2									3198		2754			1594
	30.6	38.7	26.1	32.4									4004		3560			1870
	37.4	47.3	31.9	39.6									4810		4366			2146
YKA·Ⅱ-500 18/15	3	3.3	2.9	3.1	356	445	500	560	200	295		5	780	222	336	8×M20		766
	9	9.9	8.7	9.3									1586		1142			1041
	15	16.5	14.5	15.5									2392		1948			1349
	21	23.1	20.3	21.7									3198		2754			1594
	27	29.7	26.1	27.9									4004		3560			1870
	33	36.3	31.9	34.1									4810		4366			2146
YKA·Ⅱ-600 18/15	30	35	28.8	30.9	595	668	600	660	246	335		5	2852	264	2324	12×M16		2407
	35	38.5	33.6	36.05									3259		2731			2547
	40	44	38.4	41.2									3666		3138			2687
	45	49.5	43.2	46.35									4073		3545			2827
	50	55	48	51.5									4480		3952			2967
	55	60.5	52.8	56.65									4887		4359			3107
	60	66	57.6	61.8									5294		4766			3247

② 结构型式 矩形块孔式石墨换热器分别由石墨换热单元块、上下石墨封头、铸铁上下压盖及两侧铸铁密封整板或分段侧板组成。石墨块体用耐蚀垫片密封，并以螺栓连接成整体结构。换热器公称换热面积系列为4.5～75m²，设备从35m²开始采用换热单元块并联结构（见图35-171～图35-173）。

石墨换热单元块有两种规格，一种单元块尺寸为380mm×380mm×380mm，纵向孔径为φ12mm、φ16mm和φ18mm，横向孔径φ12mm和φ14mm；另一种单元块尺寸为380mm×380mm×660mm，纵向孔径为φ12mm、φ14mm、φ18mm和φ20mm，横向孔径φ12mm、φ14mm和φ16mm。

③ 矩形块孔式石墨换热器的系列和规格见表35-189，安装尺寸见表35-190。

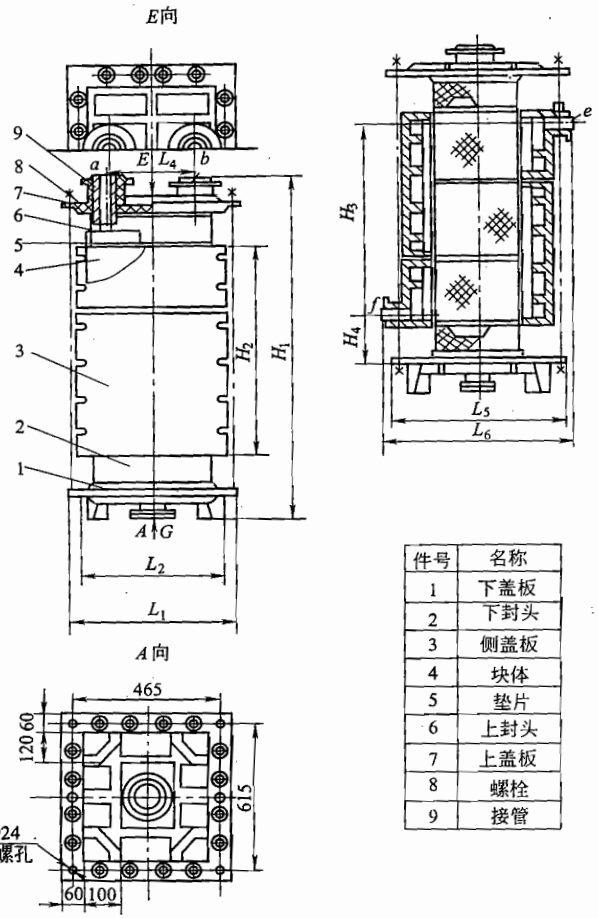
④ 标记



标记示例：

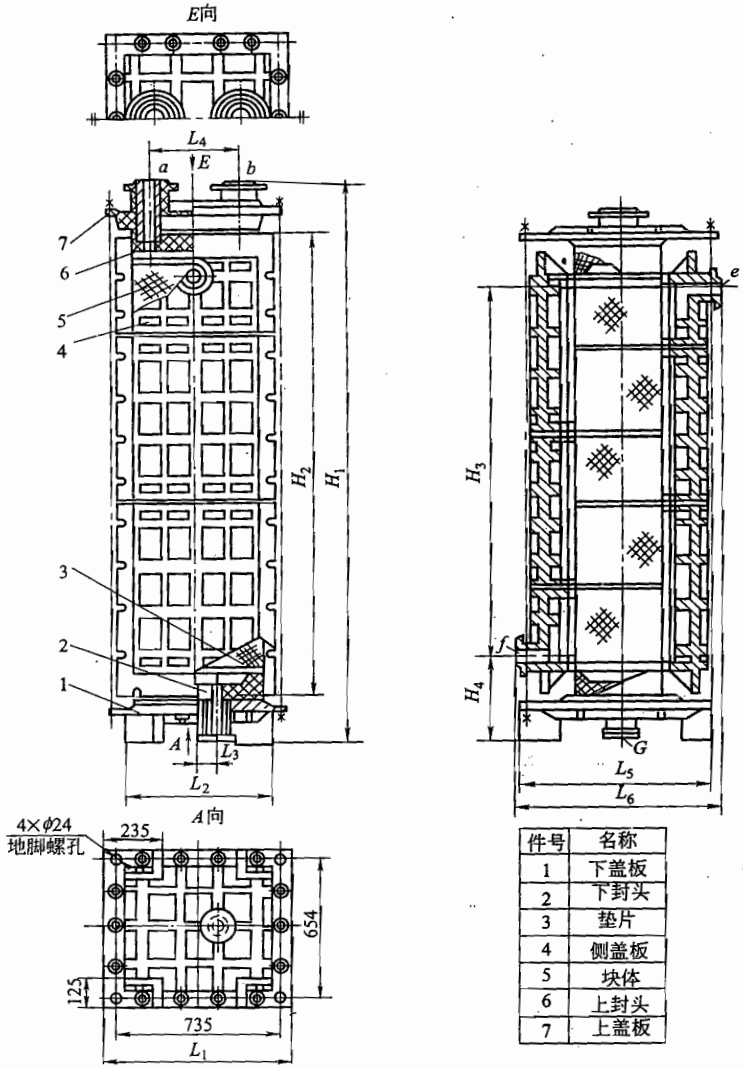
换热器单元块长度为660mm，纵向孔径为φ12mm，横向孔径φ12mm，公称换热面积为15m²的矩形块孔式石墨换热器，其标记为：JK660-12/12-15。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



件号	名称
1	下盖板
2	下封头
3	侧盖板
4	块体
5	垫片
6	上封头
7	上盖板
8	螺栓
9	接管

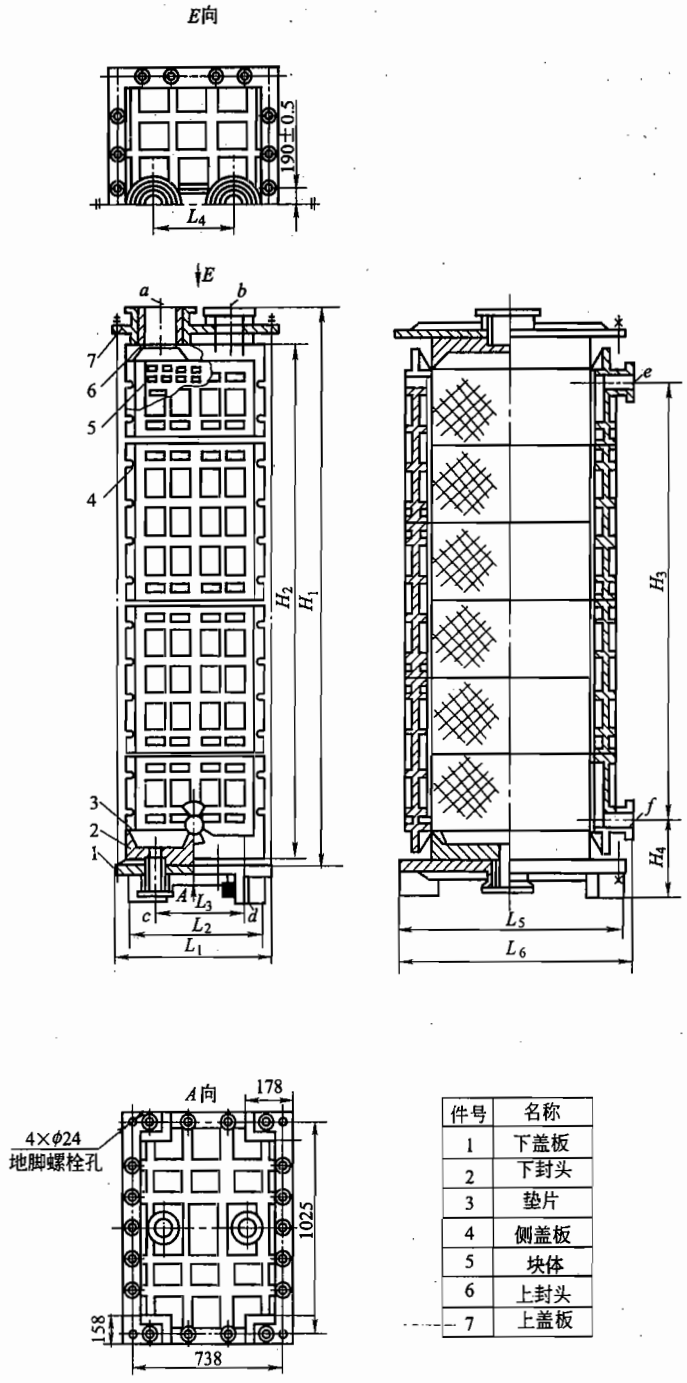
图 35-171 换热单元块为 380mm×380mm×380mm 的换热器



件号	名称
1	下盖板
2	下封头
3	垫片
4	侧盖板
5	块体
6	上封头
7	上盖板

图 35-172 换热单元块为 380mm×380mm×660mm 的换热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



件号	名称
1	下盖板
2	下封头
3	垫片
4	侧盖板
5	块体
6	上封头
7	上盖板

图 35-173 换热单元块为 380mm×380mm×660mm 并联换热器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-189 换热器的系列、规格

项目	型号	JK380-12/12			JK380-16/14		JK380-18/14		JK660-12/12									JK660-14/12									JK660-14/14						
		5	7.5	10	4.5	7	5	7.5	15	20	25	30	35	45	55	65	75	12	16	20	25	32	40	50	60	65	14	18	22	26	35	45	55
公称换热面积/m²		5	7.5	10	4.5	7	5	7.5	15	20	25	30	35	45	55	65	75	12	16	20	25	32	40	50	60	65	14	18	22	26	35	45	55
计算换热面积/m²	平均	4.88	7.32	9.46	4.27	6.41	4.68	7.02	14.17	18.89	23.61	28.34	37.59	47.24	56.69	66.10	75.55	12.06	16.08	20.10	24.12	32.26	40.20	48.24	56.28	64.32	13.20	17.60	22.00	26.40	35.20	44.0	52.8
	纵向	5.44	7.71	9.74	4.54	6.81	5.16	7.74	14.61	19.48	24.35	29.22	38.96	48.70	58.44	68.18	77.92	11.22	14.96	18.70	22.44	29.92	37.40	44.88	52.36	59.84	12.78	17.04	21.30	25.56	34.08	42.60	51.12
	横向	4.6	6.9	9.16	4.00	6.00	4.2	6.3	13.72	18.30	22.88	27.46	36.62	45.62	54.94	64.02	73.17	12.90	17.20	21.54	25.80	34.40	43.00	51.6	60.2	68.8	13.62	18.16	22.70	27.24	36.32	45.40	54.58
单元块尺寸	块数	2	3	4	2	3	2	3	3	4	5	6	8	10	12	14	16	3	4	5	6	8	10	12	14	16	3	4	5	6	8	10	12
	尺寸/mm	380×380×380							380×380×660									380×380×660									380×380×660						
孔径/mm	纵向	12			16		18		12									14									14						
	横向	12			14				12									12									14						
质量/kg		180	232	294	182	235	176	226	456	576	696	816	1056	1296	1536	1786	2056	468	592	716	840	1088	1336	1576	1840	2096	441	550	669	783	1011	1239	1426
流程程数	纵向	双程							双程				四程					双程				四程					双程				四程		
	横向	2	3	4	2	3	2	3	3	4	5	6	4	5	6	7	8	3	4	5	6	4	5	6	7	8	3	4	5	6	4	5	6

项目	型号	JK660-14/14		JK660-18/14									JK660-18/16										JK660-20/16										
		60	70	10	15	20	25	35	40	50	60	70	9	13	17	22	25	35	45	55	60	70	7.5	10	15	20	23	30	38	45	55	60	
公称换热面积/m²		60	70	10	15	20	25	35	40	50	60	70	9	13	17	22	25	35	45	55	60	70	7.5	10	15	20	23	30	38	45	55	60	
计算换热面积/m²	平均	61.60	66.14	12.62	16.82	21.08	25.23	33.64	42.05	50.45	58.87	67.28	8.81	13.22	17.62	22.03	24.43	35.24	44.05	52.86	61.67	70.48	7.46	11.19	14.92	18.65	22.38	29.84	37.3	44.76	52.22	59.6	
	纵向	59.64	59.64	13.50	18.00	22.50	27.0	36.0	45.0	54.0	63.0	72	9.02	13.52	18.04	22.55	25.06	36.08	45.1	54.12	63.14	72.16	8.2	12.3	16.4	20.5	24.6	32.8	41	49.2	57.4	65.6	
	横向	63.56	72.64	11.73	15.64	19.55	23.46	31.27	39.6	46.9	54.74	62.56	8.6	12.9	17.2	21.5	25.8	34.4	43.0	51.6	60.2	68.8	6.72	10.08	13.44	16.8	20.16	26.88	33.6	40.32	47.04	53.76	
单元块尺寸	块数	14	16	3	4	5	6	8	10	12	14	16	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	
	尺寸/mm	380×380×660		380×380×660									380×380×660										380×380×660										
孔径/mm	纵向	14		18									18										20										
	横向	14		14									16										16										
质量/kg		1634	1842	450	526	684	801	1035	1268	1462	1676	1896	315	429	537	645	753	968	1184	1361	1537	1713	327	447	561	675	789	1017	1245	1433	1621	1809	
流程程数	纵向	四程		双程				四程					双程					四程					双程					四程					
	横向	7	8	3	4	5	6	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	4	5	6	7	8	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-190 换热器的安装尺寸

/mm

型号			JK380-12/12			JK380-16/14		JK380-18/14		JK660-12/12								
			5	7.5	10	4.5	7	5	7.5	15	20	25	30	35	45	55	65	75
a	物料进口	d_B	80			80		80		100								
		D_N	125			125		125		150								
b	物料出口	d_B	80			80		80		100								
		D_N	125			125		125		150								
c	排净口或冷凝液出口	d_B																
		D_N																
d	排净口或冷凝液出口	d_B																
		D_N																
G	排净口或冷凝液出口	d_B	40			40		40		50								
		D_N	80			80		80		100								
e	冷却水出口或水蒸气出口	D_N	50			50		50		80								
f	冷却水进口	D_N	50			50		50		80								
安装尺寸		H_1	1240	1622	2002	1240	1622	1240	1622	1622	2002	2519	2899	2002	2519	2899	3279	3663
		H_2	764	1140	1522	764	1140	764	1140	1140	1522	2190	2570	1522	2190	2570	2950	3330
		H_3	694	1070	1452	694	1070	694	1070	1070	1450	3070	2450	1450	2070	2450	2830	3210
		H_4	345							408								
		L_1	716			617		716		790								
		L_2	600			600		600		670								
		L_3																
		L_4	230			230		230		400								
		L_5	465			465		465		714				1094				
		L_6	766			766		766		766				1148				
设备总质量/kg			500	600	710	506	609	490	690	1510	1748	2028	2308	2353	2736	3192	3632	4082

型号			JK660-14/12									JK660-14/14						
			12	16	20	25	32	40	50	60	65	14	18	22	26	35	45	55
a	物料进口	d_B	100									200						
		D_N	150									250						
b	物料出口	d_B	100									200						
		D_N	150									250						
c	排净口或冷凝液出口	d_B										50						
		D_N										100						
d	排净口或冷凝液出口	d_B										50						
		D_N										100						
G	排净口或冷凝液出口	d_B	50															
		D_N	100															
e	冷却水出口或水蒸气出口	D_N	80									80						
f	冷却水进口	D_N	80									80						
安装尺寸		H_1	1622	2002	2519	2899	2002	2519	2899	3279	3663	1775	2155	2535	2915	2155	2535	2915
		H_2	1140	1522	2190	2570	1522	2190	2570	2950	3330	1675	2055	2435	2815	2055	2435	2815
		H_3	1070	1450	2070	2450	1450	2070	2450	2830	3210	1035	1415	1790	2170	1415	1790	2170
		H_4	408									408						
		L_1	790									790						
		L_2	670									660						
		L_3										410						
		L_4	400									400						
		L_5	714				1094					714				1088		
		L_6	766				1148					766				1117		
设备总质量/kg			1522	1764	2048	2332	2385	2776	3240	3688	4148	1459	1736	2001	2262	2298	2716	3123

注：(1)管口规格中的 d_B 为该管口的内径，D_N 为管法兰的公称直径。

(2)管法兰 D_N 尺寸按 HG 20593—1997 突面板式平焊钢制法兰，压力等级 1.0MPa 执行。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

型号			JK660-14/14		JK660-18/14									JK660-18/16									JK660-20/16										
			60	70	10	15	20	25	35	40	50	60	70	9	13	17	22	25	35	45	55	60	70	7.5	10	15	19	23	30	33	45	55	65
a	物料进口	d_B	200		200									200										200									
		D_N	250		250									250										250									
b	物料出口	d_B	200		200									200										200									
		D_N	250		250									250										250									
c	排净口或冷凝液出口	d_B	50		50									50										50									
		D_N	100		100									100										100									
d	排净口或冷凝液出口	d_B	50		50									50										50									
		D_N	100		100									100										100									
G	排净口或冷凝液出口	d_B																															
		D_N																															
e	冷却水出口或水蒸气口	D_N	80		80									80										80									
f	冷却水进口	D_N	80		80									80										80									
安装尺寸		H_1	3295	3675	1775	2155	2535	2915	2155	2535	2915	3295	3675	1240	1775	2155	2535	2915	2135	2535	2915	3295	3675	1240	1775	2155	2535	2915	2155	2535	2915	3275	3675
		H_2	3195	3575	1675	2055	2435	2815	2055	2435	2815	3195	3575	764	1675	2055	2435	2815	2055	2435	2815	3195	3575	764	1675	2055	2435	2815	2055	2435	2815	3195	3575
		H_3	2550	2930	1035	1415	1790	2170	1415	1790	2170	2550	2930	694	1035	1475	1790	2170	1415	1790	2170	2550	2930	694	1035	1475	1790	2170	1415	1790	2170	2550	2930
		H4	408		408									408										408									
		L_1	790		790									790										790									
		L_2	660		670									670										670									
		L_3	410		410									410										410									
		L_4	400		400									400										400									
		L_5	1088		714				1088					714				1088						714					1088				
		L_6	1117		766				1117					766				1117						766					1117				
设备总质量/kg			3530	3994	1454	1748	2016	2290	2332	2746	3159	3572	3996	1145	1433	1709	1977	2245	2266	2680	3069	3456	3856	1157	1451	1733	2007	2281	2314	2722	3129	3536	3951

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

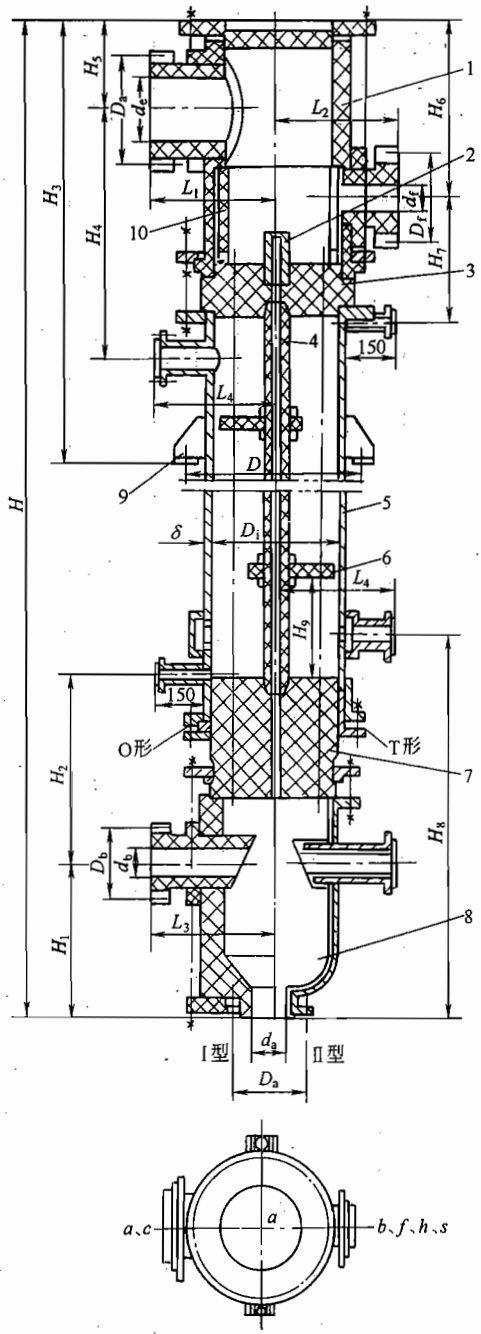


图 35-174 管壳式石墨降膜吸收器

1—上封头；2—溢流管；3—固定管板；4—吸收管；5—筒体；6—折流板；7—浮动管板；8—下封头；9—支座；10—挡液环

6.9.4 管壳式石墨降膜吸收器（HG/T 3188—2000）

本标准按下封头的结构不同分为Ⅰ型和Ⅱ型，Ⅰ型为浸渍石墨封头，Ⅱ型为钢制衬胶封头。筒体与浮动管板之间的密封为填料函结构时，以“T”表示，为O形圈结构时，以“O”表示。

(1) 基本参数

设计压力 壳程 0.3MPa，管程 0.05MPa。

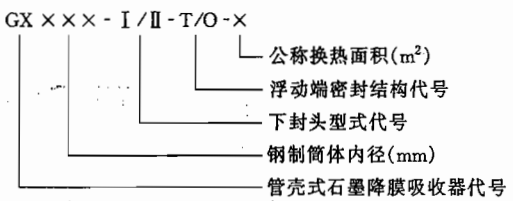
设计温度 壳程不大于 60℃，管程 170℃。

(2) 结构型式（见图 35-174）

(3) 结构尺寸（见表 35-191）

(4) 系列参数（见表 35-192）

(5) 标记方法



标记示例

筒体直径 φ500mm，公称换热面积 20m²，下封头为浸渍石墨，填料函密封结构的管壳式石墨降膜吸收器，其标记为：GX500-Ⅰ-T-20。

7 设备选材基本原则

设备（绝大部分是压力容器）设计的首要问题是选材。对于给定工况选择合适的材料是设计工程师的责任。材料选择涉及方方面面，是很复杂的。但从实际出发，设计工程师只要掌握选材的几个主要方面，选择材料就不是一件难事了。

7.1 材料选择主要考虑因素

7.1.1 介质

介质的性能（主要是腐蚀性）会极大影响材料的选择。在这方面可参考各种材料的腐蚀数据资料加以选用，更现实的是参考已投入运行的相应装置的使用情况来选择材料。对几类主要的介质，如硫化氢、氢和氯化物的存在要予以注意。

(1) 硫化物应力腐蚀裂纹（SSC）

不论含有硫化氢和液态水的流体是酸性或碱性介质，均可能引起敏感材料的硫化物应力腐蚀开裂。这一现象受多个参数的交互作用影响，包括硫化氢浓度、酸值、温度、材料特性和拉伸应力。

(2) 临氢使用

在常温下，即使压力很高，气态氢也不容易渗透到钢中去。然而，当一般低碳钢在氢介质中使用温度高于 220℃时，材料就有发生内部脱碳的倾向。

(3) 应力腐蚀裂纹（SCC）

金属材料在特定介质中，受应力作用后经一定时间作用而引起的开裂。这是由于介质中有能引起应力腐蚀的成分，最常见有氯化物、氢氧化钠等，应力腐蚀敏感

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 35-191 管壳式石墨降膜吸收器结构尺寸 /mm

规格	结构尺寸															
	D	$n\times\phi$	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	L_1	L_2	L_3	L_4
GX245-3	553	2×18	4254	380	355	1521	464	185	270	285	825	300	273	273	259	276
GX300-5	572	2×18	4309	380	365	1566	494	200	305	295	825	300	308	303	286	304
GX350-10	623	2×23	4374	380	365	1631	534	225	350	315	835	300	333	328	310	329
GX450-15	725	2×23	4496	400	375	1713	599	257	402	345	885	300	383	378	370	379
GX500-20	775	2×23	4591	400	395	1798	644	297	477	355	905	300	415	405	407	404
GX550-25	826	2×30	4658	400	395	1865	709	299	499	400	905	300	451	446	432	429
GX600-30	898	4×30	4793	400	445	1920	749	354	539	416	950	300	476	471	460	456
GX650-35	948	4×30	4920	470	475	1947	769	361	546	439	1055	375	501	496	491	481
GX700-40	998	4×30	5025	470	485	2042	844	391	606	476	1075	375	531	521	516	506
GX800-50	1099	4×30	5102	470	485	2119	894	418	653	506	1105	375	581	571	566	556
GX850-60	1150	4×30	5240	540	500	2180	920	450	680	520	1190	540	651	631	620	581
GX900-80	1200	4×30	5300	540	520	2240	960	480	700	540	1210	540	702	682	670	608
GX1000-100	1300	4×30	5360	540	540	2320	1000	520	720	560	1230	540	804	784	770	658
GX1100-120	1433	4×30	5400	540	560	2400	1060	560	740	580	1250	540	906	886	870	708

表 35-192 管壳式石墨降膜吸收器系列参数

公称直径 D_i /mm	固定管板厚度 /mm	管程数 N	管心距 L/mm	吸收管数量 n	吸收管有效长度 3000mm			吸收能力/(t/d)(35%HCl)
					换热面积 F/m²		吸收面积/m²	
					公称	计算	计算	
245	100	1	42	13	3	3.3	2.7	10
300	110	1	42	19	5	4.8	4.0	15
350	120	1	42	37	10	9.4	7.8	25
450	140	1	42	61	15	15.3	12.8	40
500	150	1	42	85	20	21.6	18.6	50
550	170	1	42	103	25	26.2	21.6	60
600	185	1	42	121	30	30.8	25.4	70
650	200	1	42	139	35	35.3	29.2	80
700	210	1	42	163	40	41.4	34.2	100
800	240	1	42	199	50	50.5	41.8	120
850	260	1	42	235	60	59.76	47.2	140
900	260	1	42	313	80	79.6	64.31	180
1000	280	1	42	393	100	99.95	80.9	230
1100	280	1	42	473	120	120.3	95.34	280

不仅与介质有关，还与特定的材料有关，低碳钢在含氯离子介质中不会产生应力腐蚀开裂，而奥氏体不锈钢却极易在含氯离子介质中发生应力腐蚀开裂。发生应力腐蚀的应力大多为拉应力，应力腐蚀裂纹易产生于应力集中处，焊接残余应力等引起的应力集中也易促使产生应力腐蚀裂纹。

此外，还有点蚀、晶间腐蚀、疲劳腐蚀等多种腐蚀形式。值得注意的是，金属的腐蚀现象是很复杂的，同一种材料在不同的介质中，不同材料在同一种介质中，或同一种材料、同一种介质在不同的内部条件或外部条件下（如材料的金相组织、承载应力、介质温度、压力和浓度等）都会表现出不同的腐蚀规律。例如：碳钢在稀硫酸中极不耐腐蚀，但在浓硫酸中却很稳定；铅耐稀硫酸，但不能在浓硫酸中使用；不锈钢在中、低浓度的硝酸中很耐蚀，但不耐浓硝酸的腐蚀；碳钢在稀硫酸中是均匀腐蚀，而奥氏体不锈钢在氯化物的水溶液中却会由于应力腐蚀而产生破裂等。我们在进行设备选材时，要综合考虑这些因素。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

7.1.2 温度

温度影响结构材料的性能，因此是选材的一个十分重要的因素。材料的强度、抗蠕变性能以及抗氧化性随着温度的升高而降低，因此所有材料都有一个合适的最高使用温度的限制，高于该温度则材料不宜使用。

同样，随着温度的降低，通常的塑性材料也可能以脆性方式破坏，所以许多材料的应用还有一个最低使用温度的限制。

7.1.3 压力

压力和设备的尺寸决定了所用材料的厚度。往往材料厚度增加，性能会降低，且对加工引起不便，使加工成本增加。因此对大直径、高压力的设备往往选用高强度钢可减小壁厚以降低总体成本。对低压容器，因压力而所需的厚度，有可能低于保证结构稳定性所需的最小厚度，因此就没有必要采用高强度钢。

7.1.4 流体速度

流体的速度会产生冲蚀、磨蚀和汽蚀，在选材时应注意。流体含有固体颗粒会对冲蚀和磨蚀产生显著影响。因此需像防止腐蚀一样给予一定的裕量或采取其他的防护措施。

7.1.5 材料的相容性

承压设备可有多种材料构成，在焊接连接时更应注意它们的相容性，如电化学腐蚀。对有电化学腐蚀的可能时要采取控制措施，如阴极保护等。

7.1.6 按介质选材料

在一般的介质条件下，设备的选材可按照常用的GB 150《钢制压力容器》、GB 151《管壳式换热器》、GB 12337《钢制球形储罐》、JB/T 4735《钢制焊接常压容器》等标准所列出的材料进行选材，但在一些酸、碱、盐、醇、酯等介质条件下，则需要选用铝、铜、镍、钛及其合金等材料。

(1) 氯介质

800合金（33Ni-42Fe-21Cr）相当国内牌号NS111，NS112（Incoloy 800），温度上限约为600℃。

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(2) 氧化介质

800合金（33Ni-42Fe-21Cr）相当国内牌号NS111，NS112（Incoloy 800），温度上限约为600℃。

28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo），温度上限约为400℃。

6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N），温度上限约为400℃。

C276合金（54Ni-16Mo-15Cr-5.5Fe）相当国内牌号NS334，温度上限为650℃。

铝及铝合金。

(3) 氮化介质

800合金（33Ni-42Fe-21Cr）相当国内牌号NS111，NS112（Incoloy 800），温度上限约为600℃。

(4) 卤化物介质

904和904L合金（25Ni-45Fe-21Cr-4.5Mo），温度上限约为370℃。

(5) 醋酸

Incoloy 800H　温度600～950℃。

Incoloy 800HT　温度700～1000℃。

C276合金（54Ni-16Mo-15Cr-5.5Fe）相当国内牌号NS334，其温度上限为650℃。

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

工业纯铝1060、1050A、1035，温度上限约为150℃。

工业纯铝1060、1050A（常压常温冰醋酸）。

(6) 硫酸

20合金（35Ni-35Fe-20Cr-Nb）相当国内牌号NS143，温度上限约为400℃。

28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo），温度上限约为400℃。

6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N），温度上限约为400℃。

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

B-2合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号NS332，温度上限为400℃。

(7) 氢氟酸

20合金（35Ni-35Fe-20Cr-Nb）相当国内牌号NS143，温度上限约为400℃。

(8) 硝酸

28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo），温度上限约为400℃。

6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N），温度上限约为400℃。

高纯度铝1A85、1A90，温度不高。

工业纯铝1060、1050A、1035，温度上限约为150℃。

工业纯铝1060、1050A（常压，40℃，98%硝酸）。

(9) 磷酸

28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo），温度上限约为400℃。

6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N），温度上限约为400℃。

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

625合金（60Ni-22Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb）相当国内牌号NS336，使用温度上限为650～800℃。

B-2合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

NS332，温度上限为400℃。

(10) 盐酸

400合金（67Ni-30Cu），温度上限约为450℃。

B-2合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号NS332，温度上限为400℃。

(11) 还原酸

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

400合金（67Ni-30Cu），温度上限约为450℃。

C276合金（54Ni-16Mo-15Cr-5.5Fe）相当国内牌号NS334，其温度上限为650℃。

(12) 乳酸

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

(13) 柠檬酸

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

(14) 脂肪酸

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

(15) 碱及苛性钠浓缩

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

200合金（99Ni）相当国内牌号N6，温度上限约为350℃。

201合金，温度上限约为600℃。

400合金（67Ni-30Cu），温度上限约为450℃。

600合金（72Ni-15Cr-8Fe）相当国内牌号NS312，温度上限约为600℃。

(16) 海水

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

400合金（67Ni-30Cu），温度上限约为450℃。

625合金（60Ni-22Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb）相当国内牌号NS336，使用温度上限为650～800℃。

铜合金。

5×××系列（铝镁合金）5052、5086、5251、5252、5454和5456，使用温度上限为200℃。

5154和5083，使用温度上限为65℃。

6×××系列（铝-镁-硅合金）6061、6063和6082，使用温度上限为200℃。

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(17) 有机氯化物

200合金（99Ni）相当国内牌号N6，温度上限约为350℃。

201合金，温度上限约为600℃。

(18) 碳酸氢铵

工业纯铝1060、1050A、1035，温度上限约为150℃。

(19) 尿素

工业纯铝1060、1050A、1035，温度上限约为150℃。

工业纯铝1060、1050A（尿素分解塔）。

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(20) 酒精

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

(21) 甲醇

工业纯铝1060、1050A（常压、常温的精甲醇）。

(22) 苯乙烯

B-2合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号NS332，温度上限为400℃。

(23) 甲烷基丙烯酸酯

B-2合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号NS332，温度上限为400℃。

(24) 酯

普通纯铜或称含氧铜，牌号为T2，其温度上限为180℃。

无氧铜，牌号为TU2，其温度上限为180℃。

磷脱氧铜，牌号为TP2，其温度上限为180℃。

(25) 氢精炼装置

Incoloy 800H　温度600～950℃。

Incoloy 800HT　温度700～1000℃。

(26) 乙烯氧化制乙醛装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(27) 维尼纶装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(28) 己内酰胺装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(29) 涤纶装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(30) 丙烯氧化制丙酮装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(31) 丙烯酸生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(32) 氯乙醇法生产环氧乙烷装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(33) 环氧氯丙烷生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(34) 聚氯乙烯装置

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(35) 合成脂肪酸生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(36) 苯甲酸和苯酐生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(37) 顺酐生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(38) 硝铵生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(39) 碳铵生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(40) 硫铵生产装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(41) 无机盐装置（氯化镁、氯化钾、氯化钡、氯化铜、液体氯化钙、氯化锰、溴化亚铁、碘化钠、硫酸铝、氯酸钾装置等）

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(42) 染料装置

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(43) 制药装置（维生素B1干燥装置中的螺旋加料机、旋风分离器、袋滤器、加热器、粉碎机等；葡萄糖生产装置中的薄膜蒸发器等；吡唑酮水解设备内的换热器；氯霉素回收装置中的升膜浓缩器，包括升膜蒸发器、列管预热器、旋风分离器等；对酮硝化装置中的硝化反应锅，氯霉素离心过滤工艺中的离心过滤机，安乃近水解工艺中的换热器，硝氯酚生产中的锚式搅拌器、四咪唑生产中的压滤罐，咖啡因生产中的反应罐框式搅拌器、列管与盘管换热器等）

钛及钛合金，温度上限约为300℃。

(44) 电厂烟气脱硫系统

625合金（60Ni-22Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb）相当国内牌号NS336，使用温度上限为650～800℃。

C276合金（54Ni-16Mo-15Cr-5.5Fe）相当国内牌号NS334，其温度上限为650℃。

(45) 废物焚烧

625合金（60Ni-22Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb）相当国内牌号NS336，使用温度上限为650～800℃。

(46) 海洋石油气装置

28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo），温度上限约为400℃。

6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N），温度上限约为400℃。

825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu），温度上限约为540℃。

(47) 深冷设备

防锈铝5A03、5A05，使用温度不大于65℃。

防锈铝5A02、3A21，使用温度不大于150℃。

7.2 材料的性能及使用

(1) 黑色金属

① 铸铁 铸铁是含碳总量超过1.7%～6.67%的铁碳合金。随着含碳量的改变、其他元素的加入以及热处理方式的不同，不同铸铁的性能差异很大。灰口铸铁很脆，没有预兆就可能断裂和失效。将铸铁中的石墨制成球状，可以显著改善力学性质，这种铸铁称为球墨铸铁。压力容器中主要采用的铸铁为球墨铸铁。

② 碳素钢和低合金钢 钢是含碳总量不超过1.7%的铁碳合金。为了改善焊接性能，大多数碳素钢的含碳量都不到0.25%。降低碳含量可以提高材料韧性，降低硬度。含碳量低的钢被称为碳素钢或软钢。

在钢中以不同比例加入铬、锰、钼、镍和钒等金属，以及硅等非金属，可以获得力学性能各异的钢材。例如：

a. 碳锰钢可以改善力学强度，而又不降低韧性。

b. 低合金钢，如$1\frac{1}{4}$Cr-$\frac{1}{2}$Mo和$2\frac{1}{4}$Cr-1Mo，可以改善高温性能。

c. 含镍3.5%、5%和9%的钢可以显著提高在0℃以下的抗脆性失效的能力。

材料的强度随着温度的降低而增加：如屈服强度（R_{eL}）、抗拉强度（R_m）、硬度（HB），但在压力容器设计中不允许采用因温度降低而升高的材料强度。在低温压力容器设计中只允许采用室温的强度指标作为设计依据。材料的延性及韧性随着温度的降低而降低。材料的韧性（特指冲击韧性）是确定材料低温使用的依据。要求一定强度水平的材料在某一低温使用时必须具有相应的冲击韧性。材料从韧性状态转变为脆性状态的温度称为冷脆转变温度。普通碳素钢的冷脆转变温度约为0℃，低合金钢（指C-Mn-Si钢）冷脆转变温度可达－50℃，对低于－50℃的场合就有必要采用特殊的低温用钢或含镍3.5%，9%的镍钢或奥氏体不锈钢。当某一材料在某一低温时该材料的冲击韧性值（即夏比V型缺口冲击值）开始显著降低时，此温度即为冷脆转变温度。

碳素钢和碳锰钢的温度上限大约为500℃，而低合金铬钼钢大约为600℃。

③ 不锈钢 不锈钢包括范围很大的铁铬镍合金，它们有很强的抗化学腐蚀能力和优良的高温性能。所有的不锈钢都至少含铬12%，这是这些材料抗腐蚀能力的基本保证。不锈钢表面可生成看不见的氧化铬薄膜，正是这层薄膜使不锈钢具有抗腐蚀的能力。

不锈钢按其组织可分为三类：马氏体不锈钢、铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢。此外还有双相不锈钢。

a. 马氏体不锈钢 如410型，含铬12%～14%，含碳0.08%～0.15%，不含镍。铬提高抗腐蚀能力，碳主要用于改善力学性能。马氏体不锈钢由于含铬量相对较低，主要用于腐蚀并不严重，而需要较大强度、

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

硬度和抗磨损性的场合（淬火加回火时强度很高）。

b. 铁素体不锈钢 铁素体不锈钢的铬含量一般为17%～30%，碳含量一般低于0.1%。高的含铬量使其抗腐蚀性能比马氏体不锈钢更高，与奥氏体不锈钢相当，但此种钢的韧性很差，很少用于化工设备。

c. 奥氏体不锈钢 奥氏体不锈钢含有至少18%的铬和8%镍，含碳量低于0.1%。

304型（18Cr-8Ni）是最常见的奥氏体不锈钢，在氧化性介质中有好的耐蚀性。常用于化工、食品、奶制品和饮料等行业。

316型（16Cr-12Ni-2Mo），由于含钼，对还原性介质有较好的耐蚀性。常用于化工、食品、饮料、造纸行业。

321型（18Cr-10Ni-Ti）和347型（18Cr-10Ni-Nb）用于腐蚀场合和暴露在温度400℃以上环境中的设备。

奥氏体不锈钢不会发生低应力脆性断裂，在-196℃以上使用时无特殊要求。因而这类材料适合深冷使用。

基本级的奥氏体不锈钢（如304、316）的最大含碳量为0.08%，使用温度上限约为700℃。

高温级奥氏体不锈钢（如304H）的含碳量为0.04%～0.10%，温度上限约为700℃。

低碳级奥氏体不锈钢（如304L）的含碳量被限制在最高为0.03%，其抗晶间腐蚀性能较304有改善，温度上限降至450℃。

氮加强级不锈钢（如304N）可以增加强度，其温度上限约为550℃。

d. 双相不锈钢（如UNS S31803）和超级双相不锈钢（如UNS S32750）是通过降低镍含量，使铁素体和奥氏体的比例为50∶50的不锈钢。这类不锈钢比奥氏体不锈钢对氯化物有更强的抵抗能力。双相不锈钢有可能发生脆性断裂，温度低于-50℃时不能使用，温度上限约为300℃。

(2) 有色金属及其合金

① 镍-铁-铬（钼、铜）合金（又称为因科乃尔800） 800合金（33Ni-42Fe-21Cr）相当国内牌号NS111、NS112，是一种不含钼的合金，用于抵抗氯点蚀或应力腐蚀开裂。温度上限约为600℃。在600℃时仍具有卓越的抗氧、氮化及氢脆的能力。用于石化工厂热交换器和管路系统，高温蒸汽管路，带保护层的加热源。其改良型Incoloy 800H及Incoloy 800HT温度上限约分别为600～950℃，700～1000℃。用于石油化工厂醋酸蒸气管道、氢精炼设备、炉用管道及醋酐破碎机。

有几种含钼的镍-铁-铬（钼、铜）合金也能抵抗氯点蚀或应力腐蚀开裂，包括如下。

a. 20合金（35Ni-35Fe-20Cr-Nb）相当国内牌号NS143，温度上限约为400℃。在高温条件下对硫酸也具有很好的抗腐蚀能力。用于硫酸加工、氢氟酸生产、精炼设备。

b. 28合金（31Ni-31Fe-29Cr-4Mo）温度上限约为400℃。在氧化介质中具有极好的抗缝隙腐蚀、点蚀及应力腐蚀开裂的能力。用于硝酸、硫酸及磷酸的生产加工（特别对磷酸具有极好的抗蚀性）；海洋石油气生产、精炼热交换器。

c. 6XN合金（24Ni-46Fe-21Cr-6Mo-Cu-N）温度上限约为400℃。用途同28合金。

d. 825合金（42Ni-28Fe-21.5Cr-3Mo-2.3Cu）温度上限约为540℃。825合金对硫酸和磷酸有非常好的抵抗能力。用于硫酸厂、核废料再生产、海洋油气生产的热交换器，苛性钠浓缩、酸洗设备。

e. 904和904L合金（25Ni-45Fe-21Cr-4.5Mo）（又称作超级奥氏体不锈钢），温度上限约为370℃。这些含Mo＞4.5%～7%的镍铬铁合金，在卤化物介质中具有很好的抗缝隙腐蚀、点蚀及应力腐蚀能力。用于造纸工业、海洋平台、电厂烟气脱硫系统、盐浓缩厂及化工品加工。

② 镍基合金（含镍量超过50%）

a. 200合金（99Ni）相当国内牌号N6是商业纯镍，主要用于热的强碱溶液。其温度上限约为350℃。良好的热导率、电导率及抗蚀性。用于苛性钠及真空感应除气生产、食品加工、肥皂、清洁剂及有机氯化物生产。

b. 201合金常用于温度在300℃以上的场合。其温度上限约为600℃。用途同200合金。

c. 400合金（67Ni-30Cu）（又称为蒙乃尔400合金），温度上限约为450℃，具有良好的抗海水、经稀释的还原性酸、碱及盐溶液的腐蚀能力。用于化工及海洋工业、供水加热器、盐生产。

d. 600合金（72Ni-15Cr-8Fe）相当国内牌号NS312（又称为因科乃尔600合金）。比400合金有更好的高温性能，其温度上限约为600℃。具有好的抗晶间腐蚀、应力腐蚀开裂及高温卤素腐蚀能力。用于供水加热器、苛性钠和真空感应除气生产、造纸工业。

e. 625合金（60Ni-22Cr-2.5Fe-9Mo-3.5Nb）相当国内牌号NS336（又称为因科乃尔625合金），耐海水腐蚀。高温性能也比600合金好得多。退火材料的温度上限为650℃，固溶退火材料的使用温度上限为800℃。具有极好的抗缝隙腐蚀、点蚀及应力腐蚀开裂能力，很强的抗无机酸碱腐蚀能力。用于电厂烟气脱硫系统、废物焚烧、浓磷酸生产、海洋油气平台。

f. C276合金（54Ni-16Mo-15Cr-5.5Fe）相当国内牌号NS334（又称为哈斯特莱C-276合金）。其温度上限为650℃。适用于氧化性和还原性酸，尤其是还原介质以及点蚀及应力腐蚀开裂具有极好的抗蚀能

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

力。用于电厂烟气脱硫系统、醋酸生产、精细化工品生产、石油化工品加工。

g. 690 合金（62Ni-29Cr-9Fe）相当国内牌号NS315，用于压水堆核电站中的蒸汽发生器。

h. B-2 合金（65Ni-28Mo-2Fe）相当国内牌号NS332（又称为哈斯特莱 B-2 合金），合金中的含钼很高，在还原性介质中有好的抗腐蚀性能，目前在大多数条件下用于抵抗盐酸、硫酸和磷酸的腐蚀，温度上限为400℃。用于盐酸、醋酸、苯乙烯及甲烷基丙烯酸酯生产。

③ 铜合金

a. 铜（99Cu）（称纯铜或紫铜），牌号字头用 T 表示。纯铜按氧含量分为三类，普通纯铜或称含氧铜，牌号为 T2。无氧铜牌号为 TU2。磷脱氧铜牌号为 TP2。温度上限为 180℃，在多数条件下有很好的耐腐蚀性能。它对氧的存在特别敏感，因为氧能大大增加腐蚀速率。铜主要用于加工醋酸、酒精和酯等有机物。

b. 黄铜，表面呈淡黄色，牌号字头用 H 表示。有铅黄铜、锡黄铜（常称为海军黄铜）、加砷黄铜等。增加 1%的锡能提高耐腐蚀性。这类材料广泛用于换热器管和管板。

ⅰ. 海军上将黄铜（72Cu-27Zn-1Sn）。这类合金能耐淡水和海水的腐蚀并能耐点蚀。温度上限为 180℃。

ⅱ. 海军黄铜（6ICu-38Zn-1Sn）。温度上限为 150℃。

ⅲ. 铝黄铜（77Cu-21Zn-2Al）温度上限为 180℃，能耐淡水和海水的腐蚀。

c. 青铜，分别称为锡青铜、铝青铜、硅青铜等。青铜牌号字头用 Q 表示。这些合金广泛地用于换热器管和管板。

ⅰ. 6%铝青铜（94Cu-6Al）温度上限为 180℃，在很多环境下都有耐蚀性。

ⅱ. 7%铝青铜（94Cu-7Al-2Fe）温度上限为 250℃，在很多环境下都有耐蚀性。

d. 铜镍合金（又称为白铜）呈银白色，白铜牌号字头用 B 表示。

ⅰ. 90/10 铜镍合金（88Cu-10Ni-1Fe-1Mn）温度上限为 250℃，能耐淡水、海水和石化产品的腐蚀。

ⅱ. 70/30 铜镍合金（67Cu-31Ni-1Fe-1Mn）温度上限为 300℃，能耐淡水和海水的腐蚀。

ⅲ. 铜镍铁锰合金（66Cu-30Ni-2Fe-2Mn）能耐淡水和海水的腐蚀。

ⅳ. 铜镍铁锰锌合金（80Cu-17Ni-1Fe-1Mn-1Zn）能耐淡水和海水的腐蚀，耐侵蚀。

④ 铝合金　铝合金有很多种，它的力学性能和化学性能的范围很广。密度小（约为铁的 1/3）是铝的重要特性之一。最低使用温度可达－196℃，因而适合在深冷下应用。

铝合金成分的表示方法有国际上通用的锻造合金分类体系和铸造铝合金命名方法。

对于锻造材料（板、管和锻件），每一合金是用 4 个数字来表示的。铝合金分为 8 个基本组，由合金数字的第一个数字（1～8）来表明。

a. 1×××系列（铝含量不小于 99%）的耐蚀性最好，温度上限约为 200℃。这一系列中，压力容器只用 1050 合金和 1060 合金。

ⅰ. 1A85、1A90 用于氧化性质，可制作温度不高的浓硝酸设备等。

ⅱ. 1060、1050A、1035 温度上限约为 150℃，能耐浓硝酸、醋酸、碳酸氢铵、尿素等的腐蚀，但不耐碱及盐水的腐蚀。可用于制作储罐、塔器、热交换器、防止污染及深冷设备。

ⅲ. 1060、1050A 可用于制作浓硝酸储槽（常压，40℃，98%硝酸）、冰醋酸储槽（常压常温冰醋酸）、精甲醇储槽（常压、常温的精甲醇）、尿素分解塔等。

ⅳ. 1035 主要用于防污染设备上。

b. 2×××系列（铝铜合金）主要有铝-铜-镁系和铝-铜-锰系合金。主要用于耐热可焊的结构材料及锻件。

硬铝可分为低强度硬铝（2A01、2A10）、中强度硬铝（2A11）、高强度硬铝（2A12、2A06）和耐热硬铝（2A02）等。这一系列的合金通常不用于压力容器制造。

c. 3×××系列（铝锰合金）（又称为防锈铝合金），而耐腐蚀性能和工业纯铝相近。温度上限约为 150℃。这一系列中仅有 3003、3004 和 3103 合金用于压力容器。

d. 4×××系列（铝硅合金），一般不用于制造压力容器。

e. 5×××系列（铝镁合金）（又称为防锈铝合金），通常都是在退火或冷加工硬化状态下使用。

耐腐蚀性好，可以用于制造整体浸在海水中的设备，温度上限约为 200℃。5154 和 5083 不能用于 65℃以上。5052、5083、5086、5154、5251、5252、5454 和 5456 用于压力容器。

ⅰ. 5A02 温度上限约为 150℃，最低使用温度可达－273℃。用于制作深冷设备，如液空吸附过滤器、分馏塔。

ⅱ. 5A03、5A05 温度上限约为 65℃，最低使用温度可达－273℃。用于制作深冷设备，如液空吸附过滤器、分馏塔。

ⅲ. 3A21 温度上限约为 150℃，最低使用温度可达－273℃。用于制作板式换热器，现用以制作深冷设备中的板翅式空气液化器等。

f. 6×××系列（铝-镁-硅合金）是铝合金中最常见的，有好的耐蚀性，能用于海运和工业环境中。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

温度上限约为200℃。仅有6061、6063和6082合金用于压力容器。

g. 7×××系列（铝-锌合金）（又称为超硬铝）耐腐蚀性较好，它们在侵蚀环境下需要采取保护，以免遭受应力腐蚀开裂等破坏。这一系列的合金通常不用于压力容器。

h. 8×××系列（其他合金，如铝锂合金）通常不用于压力容器。

为提高铝和铝合金的抗腐蚀性能，可以采取各种各样的保护措施。最常用的是阳极保护法。这是一个电解过程，在适当的电解液中金属被作为阳极，并让电流流过回路，在铝的表面生成一层坚硬的、较厚的氧化铝薄膜。

其他保护方式还有化学转换膜和各种涂料保护面，如粉末涂层。在涂层之前进行化学前处理是必要的。在海洋环境下可以用牺牲阳极（如锌）来保护铝合金。

⑤ 钛及其合金　能用在湿氯和硝酸等强氧化性条件，可以耐高氯化物环境；钛广泛用于用海水冷却的换热器中。它的另一优点是密度只有钢的56%。

用于承压设备的钛有如下几个等级。

a. TA0、TA1、TA2（相应的ASME规范的1、2、3级）是非合金或工业纯钛。最常用的是TA1等级，温度上限约为300℃。

b. TA9（Ti-Pd）（相应于ASME规范的7、16）有提高耐蚀性，尤其是耐缝隙腐蚀性能。温度上限约为300℃。

c. TA10（Ti-0.8Ni-0.3Mo）（相应的ASME规范的12级）用作抗高温盐水腐蚀，温度上限为300℃。

d. ASME规范的9级（Ti-3Al-2.5V）温度上限为300℃。

⑥ 锆　锆最初是用作核工程材料。锆能耐中等强度的硫酸和热盐铌酸的腐蚀。温度上限约为400℃。

⑦ 钽　钽与玻璃的耐蚀性相似，可以用于其他金属不能承受的环境，使用温度上限为190℃。钽是一种重金属，其密度超过铁的2倍。

钽非常昂贵，仅限于制造强腐蚀条件下使用的热电偶壳、加热盘管、加热棒、冷却器和浓缩器。在化学工业中，出于经济考虑，钽常用作衬里或薄的复合层。

(3) 非金属材料

① 玻璃增强塑料（玻璃钢，GRP）复合材料　通常由聚酯树脂经多层玻璃纤维增强而成。

② 玻璃　硼硅酸盐玻璃可用于制造承压设备，但玻璃更常用作容器和储罐的衬里材料。

玻璃特别适用于要求透明的管子。在流量计和视镜等设备中都要求透明。

除氢氟酸外，玻璃对其他所有酸都有很好的耐蚀性。它会遭受热强碱溶液的侵蚀，长时间浸泡在热水中，可能会有轻微的损伤。

除氢氟酸、磷酸和强碱之外，硼硅酸盐玻璃可以在150℃以下抵抗所有化学制品。已有既耐酸又耐碱的玻璃。

③ 石墨　抗渗石墨是通过将石墨制成需要的形状、把气孔抽空及用树脂浸渍来制造的。浸渍起到了将石墨孔隙密闭的作用。

抗渗石墨有良好的耐酸性和耐碱性，除了超强氧化条件外，对其他所有条件都几乎完全是惰性的。它常用作爆破片和特殊设计的换热器（由于其有很高的热传导系数）。石墨还可以用作垫片、填料材料。石墨的温度上限为400℃。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第36章 化验楼设计和仪器设备

1 化验楼

分析化验是化工、石油、石化和医药等企业对生产装置原料、产品和副产品质量检验以及中间过程质量控制的重要步骤，也是科研单位、学校基础教学的重要环节。

分析化验工作在化验楼内进行，故化验楼的设计必不可少。

1.1 化验楼的总体要求

化验楼的设计应符合现代分析技术及装备迅速发展的需要，不但必须满足常规分析仪器要求，而且也必须满足现代分析仪器的新要求。

化验楼的主要组成包括实验室、各种仪器室、留样室、参考标准室、资料档案室、办公室及各种辅助设施。

化验楼的总体布置应充分考虑生产特点，一般要求环境条件安静；远离烟囱、灰尘、有害气体、噪声、振动源等的干扰。对于制剂生产的化验楼，在总体布置上还需按照 GMP 要求，将化验楼和生产区域分开考虑。工厂附近若是生活区，化验楼应位于工厂区全年最小频率风向的下风向，生活区全年最小频率风向的上风向，并有一定间距。

1.1.1 化验楼的设计理念

由于化验楼是分析技术人员从事分析测试工作的场所，虽然在线分析自控仪表日新月异的迅猛发展，但生产装置原料、产品和副产品的最终质量检验和控制还是通过分析化验完成的。

1.1.2 分析过程的确定

分析过程是根据专利商工艺流程和生产路线来确定生产装置的分析取样点、分析标准、分析指标、分析方法和分析项目以及分析频率，最终确定分析仪器的品种、型号和数量。

1.1.3 取样系统的设计

根据所要分析流体的相态和操作温度，取样系统通常包括：气体或液化气取样、液体取样和带冷却器取样三种方法。取样点和取样方法的确定应保证取样的及时性和准确性。出于环境保护的考虑，取样系统排出物除样品送化验楼外，其余排出物仍需要收集返回系统或进行无害化处理，尽可能不直接排放到周围环境中去。详细的分析取样系统流程图可参考本手册工艺系统相关章节的描述。

1.2 化验楼的主要组成

大型化工联合企业宜采用集中分析方式，根据全厂分区和整个企业管理体制的要求，设置一个或几个中央化验室，小型化工企业、医药企业可直接设置车间分析室。

1.2.1 中央化验室

中央化验室全面负责联合装置区内各工艺装置和公用工程以及辅助设施的原料、产品和过程分析检验、数据汇总，也可开展以提高产品质量，降低单耗、能耗为目标的试验研究工作。集中统一分析化验，有利于提高仪器资源的利用率。

1.2.2 车间分析室

车间分析室主要是负责本车间原料、产品过程的常规控制项目的分析。

1.3 化验楼的布置

一般化学实验室宜采用至少 60～70m^2 的大面积房间。中间走廊，两侧房间的化验楼的平面布置，是经常采用的形式。南侧房间可作用实验室、办公室，北侧房间可布置辅助设施、仪器室。

化验楼仪器室布置：一般布置各部门所共用仪器如天平、显微镜等，位置应适中，同时考虑防震、防电磁干扰、防潮湿等要求。对于尺寸和质量大于实验室常规仪器的设备，宜放在底楼。

化验楼实验室的布置：按分析仪器使用功能要求布置实验台、玻璃器皿架、通风柜、药品柜、水盘、化验室家具和门窗等。

1.3.1 实验台的布置

实验台布置有：两边式、周边式、岛式、半岛式几种方式。

两边式：实验台靠两边沿墙布置，为一般实验室常见布置方式。

周边式：靠窗的一边也布置实验台，实验台后面敷设各种管线，有利于房间周边管线的连接。

岛式：一般为房间宽度大的布置方式，布置中央

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

实验台，但引入各种管线不够方便。

半岛式：实验台一边靠墙，引入各种管线比较方便。

1.3.2 通风柜、药品柜、水斗的布置

通风柜、药品柜、水斗一般布置在靠走廊侧的墙面，以免影响采光。岛式、半岛式实验台靠内墙的端部，一般为装水斗的位置。冰箱、烘箱等也放在内墙处。设备的安置需考虑公用设施供应和管线布置的方便。电插座设置在实验台上，插座数需由安置及使用的仪器数量决定。

1.3.3 化验室家具和门窗布置

① 化验室家具包括：试验台、设备台、天平台、工作台、玻璃柜、药品柜、仪器支架等型式，可以现场制作，也可以外购。

② 实验室一般采用宽 1m 的木门，对放置设备较大或房间较宽敞时，也可采用 1.2m 或 1.5m 的双扇门。宽 1m 的门适合于向内开，有危险性物品的实验室的门必须向外开。为了安全，有时还需增设第二出口处。对于较小面积的精密仪器室，取宽为 0.9m 或 0.8m 的门。

③ 窗台离地不低于 1m。窗的高度和宽度应有利于室内采光。

1.4 仪器室的一般要求

1.4.1 微量天平室

微量天平室要求洁净，建筑上注意密闭和防潮，室温 (20±1)℃，相对湿度 50%～65%。室内避免振动干扰，微量天平要安装在防振天平台上。台面上因防振关系有缝，可盖一块橡胶垫板，防积尘及小物掉入。

1.4.2 光谱分析室

光谱分析是利用物质发射出的特征光谱来测定物质的组成。光谱分析室主要由样品制备室、化学处理室、样品激发和摄影室、暗室、数据处理和工作室等组成。

样品激发室要求室温 (20±5)℃，相对湿度 65%±5%。

光谱仪因光源发热及物质蒸发时会产生种种气体，故应在光源发生处装定点排风口，用排风管导引，直接排至室外。室内要求清洁，地面为水磨石，墙面油漆或高质量涂料。对外窗口应有窗帘等防光措施。

1.4.3 极谱分析室

极谱分析是利用电解作用的分析方法。电解所需要的电压决定于物质的种类。为了相同的操作能够重新再现，常采用滴得很慢的汞作为电极。汞对人体有害，在设计中还需注意以下几点。

① 工作台的台面应表面光滑，台面四周略带翻口以防汞滴落，台面略带坡度，使台面上的汞聚流至台角的集汞坑内。

② 室内地面略带坡度，坡向靠墙边沟，边沟坡向地面集汞坑。

③ 室内需有排风装置，排气次数不少于 5 次/h，吸风口设在近操作处下部靠近地面处。

④ 室内需采取防震措施，以防干扰测试结果。

⑤ 电源需有交流和直流两种电流。

⑥ 为避免室内潮湿，一般不设水斗。

1.5 化验楼的公用设施

公用设施包括：给水（生活用水、工业水、去离子水、热水等）、排水（一般洗涤废水、腐蚀性废水、有毒废水等）、强电（三相、单相、直流或低压电等）、弱电（电话、电信、接地、报警等）、气体（压缩空气、蒸汽、氮气、燃料气以及其他气体）、采暖通风（冷热水的供水回水管、送排风管、通风柜的排气管等）等，应根据分析化验工作的需要合理配置。

辅助设施包括：电梯、总配电室、空调机房、水处理室、钢瓶间、消防设施等。

电梯为多层化验楼供人员上下和货物及设备等搬运用。一般以载重量 1t 为宜。电梯设置在化验楼的端头或实验单元外以防噪声和振动的干扰。

钢瓶间应考虑防爆要求，可布置在化验楼附近，宜采用半敞开式简易结构；既节约投资，又安全可靠。

化验楼各室应设置火灾报警系统并设消防栓和消防水枪；有可燃气体、有毒气体逸出的房间应设置相应的气体报警探头。为了确保分析室内消防的更大可靠性，在室内增设二氧化碳灭火器、1211 灭火器，有发生金属火灾可能的房间还应配置干砂或其他有效的灭火器材和器具。

1.5.1 建筑使用面积和定员

根据生产装置的数量及每个装置配置分析仪器的品种、型号和数量，并根据房间功能的设置决定化验楼建筑使用面积及定员。

1.5.2 采暖空调通风系统

(1) 采暖系统

化验楼办公室、会议室、化学分析室等需要采暖的房间，其热源可利用工艺生产装置多余的低压蒸汽或热水来实现。

(2) 空调系统

精密分析仪器室和计算机房需要恒温条件下工作，一般温度范围 18～25℃，波动±2℃，要求严格的环境为 (23±1)℃，湿度 50%～60%。中央化验室宜采用集中空调系统，需设置专门空调机房；空调机房的布置，既要配合化验室空调的需要，又要避免振动、噪声及电磁波等对实验室的干扰与影响。

(3) 通风

化验室的通风，分局部通风和全室通风两种。局部通风常用通风柜，全室通风采用轴流通风机。

① 通风柜的操作口风速见表 36-1。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-1 通风柜的操作口风速一览表

有害气体产生情况	一般情况下通风柜在操作口风速/(m/s)	通风柜靠近门窗或往来频繁的通道和风口时操作口风速/(m/s)
对人体无害仅有污染性	0.30～0.40	0.35～0.45
有害气体或气体的允许浓度>0.01mg/L时	0.50～0.60	0.55～0.70
有害气体或气体的允许浓度<0.01mg/L时	0.70～0.90	0.80～1.00

通风柜的串接方式：通风柜最好能每柜由一台风机排风，但通风柜较多时为避免风机太多，一般采用2～3台通风柜合用一台风机。

在设计和施工中，通风柜以上下串接比较方便。为避免柜与柜之间气体串通，产生污染和噪声，可在排风口处加一个圆形塑料阀板，人工控制转动启闭。另外可在风机与垂直道口连接处增设一段消声通道。

② 实验室的换气标准见表36-2。

表 36-2 实验室的换气标准一览表

实验室名称	换气次数/(次/h)
一般化学实验室	6～15
有机合成化学实验室	15～18
有毒物质实验室	15～25
放射性同位素实验室	15～30

1.5.3 给排水系统

(1) 给水

化验室给水包括：

① 生活水；

② 工业水；

③ 热水；

④ 去离子水；

⑤ 蒸馏水。

通常化验室的水龙头多采用鹅颈水龙头或缩口水龙头，每只流量为0.1L/s。生活水包括：自来水、饮用水或纯净水；工业水来自直流水和循环冷却水，用于流量较大的仪器设备冷却；热水用于分析实验加热或洗涤器皿；去离子水用于化学分析、洗涤、溶液制备等，去离子水的管线和水龙头需选用不锈钢材料；蒸馏水用于制备标准溶液。

(2) 排水

化验室排水包括：

① 一般洗涤废水；

② 腐蚀性废水；

③ 有毒、有害废水（液）。

通常化验室设置水斗、洗涤盆、地漏和排水管线。对于一般洗涤废水不必专门处理，可以直接排放；对于腐蚀性废水（酸、碱废液）可设置专用耐酸碱排水管线将腐蚀性废水送室外中和池，也可稀释中和后送室外中和池；有毒、有害废液必须统一集中收集，专门处理。

1.5.4 动力和照明系统

化验楼需配置电力系统，其中：中央化验室必须设专用配电间，配电间外需设置防电磁干扰的屏蔽。通常，化验室供电电压为380V/220V三相四线交流电，50Hz。

室内照明采用日光灯，有高速旋转部件的照明应采用白炽灯，照度200lx，易燃易爆操作室的灯具和电器应符合防爆要求；潮湿房间应采用密闭灯具。除特殊要求外，不考虑事故照明。

化验室用电：应满足分析仪器设备的用电要求，无数据时可按每平方米350W初估，其同时使用系数为0.3左右，仪器分析室需设接地，电阻在4Ω以下。

1.5.5 电信系统

化验楼应设置外线电话、内线电话和消防报警专用电话。有条件的话，可将生产装置控制室的操作信号引入化验楼，以利于尽早开展分析化验工作。

1.6 IT网络系统

由于计算机应用技术迅速发展，为分析化验提供了高灵敏性、高选择性、高速化、自动化、智能化、微型化的新手段。化验楼设置计算机数据传输系统并与企业管理系统联网，可实现化验数据的自动传输。

为了适应IT网络技术的发展，有条件的化验楼可进一步建立涵盖组织机构、基础设施、技术服务等信息化IT网络系统建设以协调各方关系，促进化验楼内部各部门、化验楼与生产装置、化验楼与企业总部的紧密结合，实现信息优化，而且将优化延伸到整个企业。信息环境的全球化可将分析化验由企业内部进一步扩展到全国乃至全球，通过全球网络建立信息高速公路，将全新的分析化验网络联合为“虚拟化验楼”，促进融合、实现一体、增强交流、共同提高。

IT网络系统建设的同时，必须有机地整合IT技术人员与分析化验技术，建立信息技术服务制度，实现桌面计算机网络管理的标准化、规范化以确保计算机网络系统的正常运行。通过该制度的建设，实现计算机网络维护及用户技术支持方面的标准化和规范化以使化验楼IT网络发挥更加重要的作用。

1.7 化验楼管线的综合布置

化验楼内公用设施管线很多，要考虑安装、检修方便，使用安全，也要求管线短捷、美观，设计时需综合安排、布置。管线的综合布置方式有以下几种。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

① 总管垂直布置，干管水平布置 总管线从室外引入楼内走垂直管束，干管敷设在每层楼走廊的吊平顶内再接支管到各实验室，实验室内管线敷于实验台的后面。

② 总管水平布置，干管垂直布置 总管在底层吊平顶或底层地下水平敷设，在走廊边设垂直管束，走垂直干管，再接支管到各实验室，垂直管束在走廊内开门，以便检修。

化验楼内管线的敷设需掌握各种管线的特点和要求。给水管的总管可以水平或垂直敷设，比较灵活，排水管因重力流关系，都为垂直干线，多线直接流向室外总管。

高纯度气体管线和燃料气管线总管采用 $\phi10\times1.5$ 或 $\phi8\times1.5$ 不锈钢管线，支管采用 $\phi6\times1$ 不锈钢管线；切断阀采用不锈钢针形阀；其他管配件也采用不锈钢产品。

2 化验楼分析仪器设备

化验楼主要的分析仪器设备包括：电化学分析仪、光学分析仪、质谱分析仪、核磁共振谱仪、气相色谱分析仪、液相色谱分析仪、重量分析仪、滴定分析仪等。见表 36-3～表 36-11。

表 36-3 电导率仪

名 称	型 号	测量范围 /(μs/cm)	电源电压 /V	功率 /W	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
Thermo 电导率仪	310C-01 台式	0～3×10^6	4×AA 电池 通用适配器		224×170×94	
	310C-06 台式	0～3×10^5	4×AA 电池 通用适配器		224×170×94	
	320C-83 便携式	0～3×10^5	4×AA 电池		213×97×48	
	320C-84 便携式	0～3×10^6	4×AA 电池		213×97×48	
电导率仪	DDS-11C	0～10^5	220		240×145×90	3
	DDS-11D	0～10^5	220		260×160×85	2
	DDB-303A	0～2×10^4	9V 电池		165×80×35	0.35
	DDS-304	0～10^5	220		210×140×80	1.2
	DDS-307	0～2×10^4	220		290×210×95	1.5
	DDSJ-308A	0～2×10^5	220	6	290×190×65	1.

表 36-4 光学分析仪

名 称	型 号	技术特性
岛津 SHIMADZU 紫外可见分光光度计	UVmini-1240	波长范围:190～1100nm,杂散光:≤0.05%
	UV-1800	波长范围:190～1100nm,带宽:1nm
	UV-2450	波长:190～900nm,带宽:0.1～5nm,杂散光:≤0.015%
	UV-2550	波长:190～900nm,带宽:0.1～5nm,杂散光:≤0.0003%
岛津 SHIMADZU 荧光分光光度计	RF-5301PC	波长:220～750nm 及白光,S/N>150 带宽:1.5,3,5,10,15,20nm
岛津 SHIMADZU 原子吸收分光光度计	AA-6200	测定波长范围:190～900nm,光学双光束测光
	AA-6300	测定波长范围:190～900nm,光学双光束
	AA-6300C	测定波长范围:190～900nm,电子双光束
	AA-6800	测定波长范围:190～900nm,可电子双光束测光
岛津 SHIMADZU 紫外/可见/近红外分光光度计	UV-3600	波长:185～3300nm,分辨率:0.1nm,杂散光:≤0.00008%
	S-3700	波长:240～2600nm,分辨率:0.1nm,杂散光:≤0.00008%
	S-3700DUV	波长 175～2600nm,分辨率:0.1nm,杂散光:≤0.00008%

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	技术特性
分光光度计	721型	波长范围:360～800nm,波长精度:±3nm
光栅分光光度计	722型	波长范围:330～800nm,波长精度:±2nm
可见分光光度计	723型	波长范围:330～800nm,波长精度:±1nm
紫外可见分光光度计	751G型	波长范围:200～1000nm,波长精度:±1.0nm
双光束紫外可见分光光度计	760CRT	波长范围:190～900nm,波长准确度:±0.3nm
荧光分光光度计	960CRT	EM波长范围:200～800nm,波长准确度:EM±0.3nm
原子吸收分光光度计	361MC	波长范围:190～900nm,波长精度:±0.5nm
	361CRT	波长范围:190～900nm,波长精度:±0.5nm

表36-5　光学仪器

名　称	型　号	技术特性
JASCO傅里叶变换红外光谱仪	FT/IR-6100	信噪比:42000∶1,分辨率:优于0.50cm^{-1}
	FT/IR-6200	信噪比:45000∶1,分辨率:优于0.25cm^{-1}
	FT/IR-6300	信噪比:50000∶1,分辨率:优于0.07cm^{-1}
JASCO圆二色光谱仪	J-815	波长范围:163～900nm,四通道数据输入
岛津SHIMADZU傅里叶变换红外光谱仪	IPRrestige-21	波数:7800～350cm^{-1},S/N:>40000:1,分辨率0.5cm^{-1}
	IRAffinity	S/N:>30000:1,分辨率0.5cm^{-1}
岛津SHIMADZU X射线荧光光谱仪	XRF-1800	扫描型,分析元素:$_{8}$O～$_{92}$U
	XRF-2400	多道型,分析元素:$_{4}$Be～$_{92}$U
岛津SHIMADZU X射线衍射仪	XRD-6000	X射线发生部:2kW/3kW(CPU控制)
	XRD-7000S/L	X射线发生部:2kW/3kW(CPU控制)
改进型阿贝折射仪	2WAJ	ND:1.300～1.700,精度:0.0002,单目
数显多功能阿贝折射仪	2WAE	ND:1.300～1.700,精度:0.0002
圆盘旋光仪	WXG-4	度盘格值1′,测量范围±180′,最小读数0.05′
自动指示旋光仪	WZZ-1	测量范围±45°,数显最小读数0.01°
数显自动旋光仪	WZZ-2A	测量范围±45°,数显最小读数0.005°
数字式自动糖度旋光仪	WZZ-1SS	测量范围±120°Z,最小读数单位0.005°Z

表36-6　质谱仪

名　称	型　号	技术特性和附件
安捷伦Agilent气相色谱质谱仪	5975C-GC/MSD	惰性离子源:350℃,四极杆质量范围:1050u SIM/Scan数据同步采集速率:12500u/s
安捷伦Agilent质谱仪	7500-ICP-MS	ORS:第二代八级杆反应池,线性动态范围:9个数量级
安捷伦Agilent液质联用仪	6100单四极杆	6110常规型,6120可切换型 6130性能最佳型,6140最大灵活型
	6200飞行时间	质量精度:2ppm
	6300离子阱	6310高性价比型,6320高综合性能型 6330高灵敏度型,6340修饰蛋白质分析结果型
	6400-QQQ	三重串联四极杆型

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	技术特性和附件
	6500-Q-TOF	四极杆-飞行时间串联型
岛津 SHIMADZU 液相色谱质谱联用仪	LCMS-2010EV	质量范围：M/Z　10～2000，分辨率：R＝2M
岛津 SHIMADZU 气相色谱质谱联用仪	GCMS-QP2010 Plus	质量范围：M/Z　1.5～1090，分辨率：R≥2M 附件：气相色谱质谱联用仪中文版工作站
岛津 SHIMADZU 飞行时间质谱仪	LCMS-IT-TOF	电喷雾-离子阱和飞行时间串联 高速检测 MS/MS，MS/MS/MS，MS/MS/MS/MS
岛津 SHIMADZU 高频等离子体质谱仪	ICPM-8500	分析部：四极杆型 检测器：二次电子倍增管

表 36-7　气相色谱仪

名　称	型　号	技术特征	附　件
岛津 SHIMADZU 气相色谱仪	GC-2010	气化室温度：260℃ 检测器温度：280℃ 载气线速度：40cm/s AOC-20i＋AOC-20s 双进样系统 柱温：室温＋4～450℃	TCD-2010 热导检测器 FID-2010 氢焰离子化检测器 ECD-2010 电子捕获检测器 FPD-2010 火焰光度检测器 FTD-2010 火焰热离子化检测器 气相色谱仪工作站
	GC-2014	柱温：室温＋10～420℃ 柱温：－50～420℃（液态 CO_2）	TCD-2010 热导检测器 FID-2010 氢焰离子化检测器 ECD-2010 电子捕获检测器 FPD-2010 火焰光度检测器 FTD-2010 火焰热离子化检测器 气相色谱仪工作站
	GC-14C	天然气 18min 快速全分析 汽油中氧化物 15min 快速全分析 内置转化炉变压器油全分析	天然气分析系统 汽油中氧化物分析系统 变压器油分析系统 气相色谱仪工作站
安捷伦 Agilent 气相色谱仪	3000	便携式	四通道
	6820	常规型	FID-火焰离子化检测器 TCD-热导检测器 micro-ECD 微池电子捕获检测器 NPD 氮磷检测器
	6850	小体积型	FID-火焰离子化检测器 TCD-热导检测器 FPD 火焰光度检测器 micro-ECD 微池电子捕获检测器
	7980A	旗舰型	FID-火焰离子化检测器 TCD-热导检测器 mircro-ECD 微池电子捕获检测器 FPD 火焰光度检测器（单波长/双波长） NPD 氮磷检测器 SCD 硫化学发光检测器 NCD 氮化学发光检测器

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	技术特征	附　件
气相色谱仪	GC102/D/N GC102F/T/M	TCD 灵敏度：$S \geqslant 1000mV \cdot mL/mg$ FID 灵敏度：$M_t \leqslant 1\times10^{-10}g/s$ 恒温室：室温＋40～300℃	
	GC112	FID 灵敏度：$M_t \leqslant 5\times10^{-11}g/s$ 色谱柱温度：室温＋30～320℃ 最高使用温度：≤350℃	TCD 型热导池检测器 ECD 型电子捕获检测器
	GC122	FID 灵敏度：$M_t \leqslant 1\times10^{-11}g/s$ 色谱柱温度：室温＋15～4000℃ 增量 1℃时，控温精度：±0.1℃ 最高使用温度：≤400℃	TCD 型热导池检测器 ECD 型电子捕获检测器 FPD 型火焰光度检测器 NPD 型氮磷检测器
	GC1102/N	TCD 灵敏度：$S \geqslant 1500mV \cdot mL/mg$ FID 灵敏度：$M_t \leqslant 5\times10^{-11}g/s$	
	4890D		FID/TCD/ECD/FPD/NPD 检测器
	6890D 增强型		FID/TCD/m-ECD/ECD/FPD/ NPD/MSD/AED/PFPD/PID/ ELCO/DID/SCD/NCD 检测器

表 36-8　液相色谱仪

名　称	型　号	技术特性和附件
安捷伦 Agilent 液相色谱仪	1120 一体式	RID 示差检测器 FLD 荧光检测器 ELSD 蒸发光散射检测器
	1200	SL 可变波长检测器 FLD 荧光检测器 RID 示差检测器 ELSD 蒸发光散射检测器
安捷伦 Agilent 高分离快速液相色谱仪	RRLC	分析流速范围：0.05～5mL/min，1200 二元泵 柱长：10～300mm，内径：2.1～4.6mm
岛津 SHIMADZU 高效液相色谱仪	LC-2010AHT LC-2010CHT	微冲程串联双柱塞输液 15 秒进样速度(10μL 进样) 350 个样品处理数(1mL 小瓶) 附件：高效液相色谱仪工作站
	LC-10AVP Plus	紫外光/可见光双波长检测仪 附件：高效液相色谱仪工作站
JASCO 超高压快速液相色谱仪	X-LC	填充柱颗粒≤2μm，无脉冲溶剂输送 智能自动进样 3070UV 紫外光检测仪 3075UV 可见光检测仪 3120FP 超高灵敏度荧光检测仪

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	技术特性和附件
JASCO 高效液相色谱仪	LC-2000Plus	二元/三元/四元梯度混合系统 UV-2070 紫外光检测器 UV-2010 PDA 检测器 FP-2020 荧光检测器 CD-2095 圆二色检测器 OR-2090 旋光度检测器 RI-2031 示差检测器 CL-2027 化学冷光检测器 氨基酸/糖类/农药分析系统 附件:系统控制数据分析 ChromPass 工作站
JASCO 超临界萃取色谱仪	LC-2000Plus	最高压力:30MPa,流量:0.001～10mL/min 附件:系统控制数据分析 ChromPass 工作站
高效液相色谱仪	DLC-20	主机:(美国原装进口),附件:工作站

表 36-9　比重计

名　称	型　号	测量范围 /mPa·s	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
液体比重天平	PZ-B-5	0～2.0000	240×90×280	1.5
密度计	DE40	内置恒温装置		
	DE50	内置恒温装置		
	DA-100M	内置恒温装置		
便携式密度计	DA-110M	自动校正温度补偿		

表 36-10　黏度计

名　称	型　号	测量范围 /mPa·s	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
ASONE 模拟黏度计	LVT	$15\sim2\times10^6$		
	RVT	$100\sim8\times10^6$		
	HAT	$200\sim16\times10^6$		
	HBT	$800\sim64\times10^6$		
ASONE 数字式黏度计	LVDV	$15\sim2\times10^6$	480×250×380	9.5
	RVDV	$100\sim13\times10^6$	480×250×380	9.5
	HADV	$200\sim26\times10^6$	480×250×380	9.5
	HBDV-E	$800\sim106\times10^6$	480×250×380	9.5
旋转式黏度计	NDJ-1	$0.1\sim1\times10^5$	300×300×450	1.5
	NDJ-4	$10\sim2\times10^6$	300×300×450	2
涂 4 黏度计	NDJ-5	$30s\leqslant t\leqslant100s$	155×98×335	
数字式黏度计	NDJ-5S	$10\sim1\times10^5$	308×300×450	3.75
旋转式黏度计	NDJ-7	$1\sim1\times10^6$	185×165×450	12
数字式黏度计	NDJ-8S	$10\sim2\times10^6$	308×300×450	3.75
	SNB-1	$100\sim1\times10^5$	342×434×546	2.7

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-11 熔点测定仪

名 称	型 号	测量范围 /(μs/cm)	电源电压 /V	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
熔点仪	WRR	40～280	220	270×310×400	12.5
数字熔点仪	WRS-1A/B	室温～300	220	510×330×200	
显微熔点仪	WRX-1S	室温～300	220		12.6

3 化验楼配套设备和家具

化验楼分析仪器主要的配套设备和家具包括：天平、pH计、搅拌器、电热设备、制冷设备、清洗过滤设备、电动设备、微波系统、玻璃仪器、非金属器皿、金属器皿、滤纸试纸、普通实验台、专用实验台、普通天平台、专用天平台、极谱台、通风柜等。见表 36-12～表 36-26。

表 36-12 天平

名 称	型 号	称量 /g	分度值 /mg	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
METTLER-TOLEDO 超微量天平	UMX2	2.1	0.0001	128×287×113 224×366×94	
	UMX5	5.1	0.0001	128×287×113 224×366×94	
	MX5	5.1	0.001	128×287×113 224×366×94	
METTLER-TOLEDO 微量天平	XP26	22	0.001	263×487×322	
	XP26DR	5.1/22	0.002/0.01	263×487×322	
	XP56	52	0.001	263×487×322	
	XP56DR	11/52	0.002/0.01	263×487×322	
METTLER-TOLEDO 分析天平	XP105DR	31/120	0.01/0.1	263×487×322	
	XP205	220	0.01	263×487×322	
	XP205DR	81/220	0.01/0.1	263×487×322	
	XP204	220	0.1	263×487×322	
	XP504	520	0.1	263×487×322	
	XP504DR	101/520	0.1/1	263×487×322	
	XS105DU	41/120	0.01/0.1	263×453×322	
	XS205DU	81/220	0.01/0.1	263×453×322	
	XS64	61	0.1	263×453×322	
	XS104	120	0.1	263×453×322	
	SX204	220	0.1	263×453×322	
	XS204DR	81/220	0.1/1	263×453×322	
	AB135-S	31/120	0.01/0.1	245×321×344	
	AB265-S	61/220	0.01/0.1	245×321×344	
	AB54-S	51	0.1	245×321×344	
	AB104-S	110	0.1	245×321×344	
	AB104-L				

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	称量/g	分度值/mg	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
METTLER-TOLEDO 分析天平	AB204-S AB204-L	220	0.1	245×321×344	
	AB304-S	320	0.1	245×321×344	
	AL104	110	0.1	238×335×364	
	AL204	210	0.1	238×335×364	
	AL104-IC	110	0.1	238×335×364	
	AL204-IC	220	0.1	238×335×364	
	AL204DU-IC	110/220	0.1/1	238×335×364	
METTLER-TOLEDO 精密天平	XP204S	210	0.1	214×395×363	
	XP802S	810	10	194×392×96	
	XP8002S	8100	10	194×392×96	
	XP12002MDR	2400/12100	10/100	240×419×110	
	XP20001M	20100	100	240×419×110	
	XS403S	410	1	194×366×276	
	XS1003S	1010	1	194×366×276	
	XS4002SDR	800/4100	10/100	194×366×96	
	XS8001S	8100	100	194×366×96	
	XS16000M	16100	1000	240×393×110	
	PB153-S PB153-L	151	1	245×321×236	
	PB503-S	510	1	245×321×236	
	PB1502-S PB1502-L	1510	10	245×321×89	
	PB5001-S PB5001-L	5100	100	245×321×89	
	SB16001DR	3200/16100	100/1000	381×321×92	
	SB32000	32100	1000	381×321×92	
	PL203-IC	210	1	238×335×287	
	PL2002-IC	2100	10	238×335×111	
	PL4001	4100	100	238×335×111	
METTLER-TOLEDO 大量程精密天平	XP8001L	8100	100	360×425×130	
	XP32001LDR	6400/32100	100/1000	360×425×130	
	XP64000L	64100	1000	360×425×130	
	XS16001L	16100	100	360×404×130	
	XS32000L	32100	1000	360×404×130	
METTLER-TOLEDO 便携式精密天平	PL83-S	81	1	194×225×137	2.4
	PL1502-S	1510	10	194×225×67	2.1
	PL6000-S PL6000-L	6100	1000	194×225×67	2.3

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	称量/g	分度值/mg	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电子分析天平	FA1004	100	0.1	195×330×304	
	FA2004	200	0.1	195×330×304	
电子精密天平	JA1003	100	1	195×330×304	
	JA2003	200	1	195×330×304	
	JA5003	500	1	195×330×304	
	MP200A	200	1	335×200×355	
	MP200B	200	10	335×200×120	
单盘机械天平	DWT-1	20	0.01	230×390×440	13
双盘机械天平	TG128	200	0.02	430×310×590	20
	TG335	2	0.001	310×265×395	16.5
链条天平	TL-02C	200	10	510×285×515	16
物理天平	TW-05B	500	50	455×185×435	6.5
扭力天平	JN-B-50	0.05	0.1	190×60×365	
静水力学天平	8SJ5kg-1	5000	100		
架盘天平	HC-TP11-1	100	100		
	HC-TP11-5	500	500		

表 36-13　pH 计

名　称	型　号	测量范围 pH	供电电源 /V	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
Thermo pH/电导率仪	410C-01 台式	−2.000～19.999	AA 电池 4 节 AC 稳压电源	224×170×94	
	410C-06 台式	−2.000～19.999	AA 电池 4 节 AC 稳压电源	224×170×94	
	420C-81 便携式	−2.000～19.999	AA 电池 4 节	213×97×48	
Thermo pH/溶解氧 DO 仪	410D-01 台式	−2.000～19.999	AA 电池 4 节 AC 稳压电源	224×170×94	
	420D-82 便携式	−2.000～19.999	AA 电池 4 节	213×97×48	
ASONE pH 计	pHTestr10	−1.0～15.0	LR44 钮扣电池 4 节	φ38×165	0.09
	pHTestr20	−1.00～15.00	LR44 钮扣电池 4 节	φ38×165	0.09
	pHTestr30	−1.00～15.00	LR44 钮扣电池 4 节	φ38×165	0.09
	EC-PH5	0.00～14.00	AAA 电池 4 节	140×70×35	0.2
	EC-PH6	0.00～14.00	AAA 电池 4 节	140×70×35	0.2
实验室 pH 计	PHSJ-4A	0～14	220V　50Hz	290×200×75	1
	PHS-3F	0～14	220V　50Hz	290×200×75	1
	PHS-3B/C	0～14	220V　50Hz	290×210×95	1.5
	PHS-2F	0～14	220V　50Hz	290×210×95	1.5
	PHBJ-260	0～14	AA 电池 4 节	210×100×45	0.5

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	测量范围 pH	供电电源 /V	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
实验室 pH 计	PHB-4	0～14	9V 电池 1 节	170×80×35	0.3
	PHREX-2	0～14	1.4V 电池 1 节	150×40×25	0.1
	PHS-25	0～14	220V　50Hz	270×160×85	2
	MP120	0～14		265×190×65	
	MP125	−2～16		265×190×65	
	MI129/220	0～14		265×190×65	
	MP225	−2～19.999		265×190×65	
	MI229	−2～16		265×190×65	

表 36-14　搅拌器

名　称	型　号	加热温度 /℃	搅拌能力 /mL	电源电压 /V	功率 /W	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
ASONE 搅拌器	HSD-4 四联		50～2000	100		320×311×70	3.5
	HSD-6 六联		50～2000	100		480×311×70	5
	HS-400 十联		50～2000	100		765×330×57	9
	RSH-1A 模拟型	50～250	50～3000	230	300	189×215×81	
	RSH-1D 数字型	50～250	50～3000	230	300	189×215×81	
	CT-3HA 通用型	250	3000	230	450	172×215×111	
	CT-5HA 通用型	250	5000	230	500	232×275×111	
ASONE 搅拌机	S-1			100	60	95×185×198	3.0
	S-2			100	60	95×185×198	3.0
	S-3			100	60	95×185×198	3.0
	S-4			100	60	95×185×198	3.0
磁力加热搅拌器	78-1A	80	1000	220	300	242×188×134	4
	79-1	80	2000	220	249	285×175×145	4
电动搅拌机	6511			220	25	300×350×760	
	7312-1			220	40	300×260×760	
强力电动搅拌机	JB50-D			220	50	300×260×760	
	JB300-D			220	300	280×360×730	
实验室搅拌机	RW20.N		20000		70	普通型	
	RW20.D.N		20000		70	数显型	
磁力加热搅拌器	RCT	300	20000			普通型	
	RET	300	20000			控制型	

表 36-15　电阻炉

名称	型　号	额定功率 /kW	额定电压 /V	电源相数	额定温度 /℃	外形尺寸/mm (长×宽×高)	质量 /kg
箱式电阻炉	SX2-2.5-10	2.5	220	单	1000	542×360×440	35
	SX2-4-10	4	220	单	1000	650×440×515	55

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名称	型号	额定功率/kW	额定电压/V	电源相数	额定温度/℃	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
箱式电阻炉	SX2-8-10	8	380	3	1000	800×520×587	115
	SX2-12-10	12	380	3	1000	930×620×730	180
	SX2-2.5-12	2.5	220	单	1200	542×360×440	35
	SX2-5-12	5	220	单	1200	650×440×515	55
	SX2-10-12	10	380	3	1200	800×520×587	115
	SX2-6-13	6	~360	3	1300	625×604×600	90
	SX2-10-13	10	~360	3	1300	762×660×675	135
管式电阻炉	SK2-2-10	2	220	单	1000	728×308×404	35
	SK2-4-10	4	220	单	1000	1138×343×471	70
	SK2-6-10	6	220	单	1000	1279×388×526	90
	SK2-2-12	2	220	单	1200	728×308×404	35
	SK2-4-12	4	220	单	1200	1138×343×471	70
	SK2-6-12	6	220	单	1200	1279×388×526	90
ASONE 加热板	NDK-1K	0.7	220	单	350	240×280×70	
	NDK-2K	0.9	220	单	350	320×360×70	
	AHS-300	1.5	100	单	480	300×250×200	4
	AHS-500	2.5	200	单	480	500×350×200	8
电热板	SB-1.8-4	1.8	220	单	≥400	460×320×172	16.5
	SB-3.6-4	3.6	220	单	≥400	620×460×184	31

表 36-16 恒温干燥箱

名称	型号	额定功率/kW	额定电压/V	电源相数	温度范围/℃	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
Thermo 烘箱	T6/T6P	1.22	230	单	250	540×552×700	
	UT6/UT6P	1.27	230	单	250	540×552×700	
	T20/T20P	2.22	230	单	250	720×754×910	
	UT20/UT20P	2.32	230	单	250	720×754×910	
	T6030	0.8	230	单	300	535×552×552	
	T/UT6120	2.2/2.4	230	单	300	535×895×696	
	T/UT6420	4.1/4.2	400	3	300	715×744×1707	
	T/UT6760	6.1/6.3	400	3	300	715×1200×1707	
ASONE 恒温干燥器	DOV-300	1.3	100	单	300	400×440×630	30
	DOV-450	1.3	100	单	300	550×540×780	45
	DOV-300P	1.3	100	单	300	400×440×630	30
	DOV-450P	1.3	100	单	300	550×540×780	45
	DOV-600	1.4	100	单	300	700×610×830	50
	DOV-750	1.4	100	单	300	550×540×1080	45
	DOV-600P	1.4	100	单	300	700×610×830	50
	DOV-750P	1.4	100	单	300	550×540×1080	45

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	额定功率/kW	额定电压/V	电源相数	温度范围/℃	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电热鼓风干燥箱	101-1	3	220	单	≤300	350×450×450	100
	101-2	3.6	220	单	≤300	450×550×550	145
	101-4	8	380	3	≤300	800×800×1000	385
	101A-1E	2.4	220	单	≤250	350×450×450	
	101A-2E	2.8	220	单	≤250	450×550×550	
	101A-3E	4	380	3	≤250	500×600×750	
电热恒温干燥箱	202-1				≤300	350×450×450	
	202-2				≤300	450×550×550	
	202-4				≤300	800×800×1000	
	PH030				≤200	300×310×350	
电热密闭干燥箱	105	8.5	220	单	≤200	800×800×1000	
	107	110	380	3	≤250	2500×2600×2200	
	ZF9050	1.2	220	单	≤250	415×345×370	50
	ZF9090	1.4	220	单	≤250	450×450×450	150
	ZF9211	2.2	220	单	≤250	560×640×600	210
远红外快速干燥箱	YHG-300	1.4	220	单	≤300	300×300×350	50
	YHG-400	2	220	单	≤300	400×400×450	70
	YHG-600	4	220	单	≤300	600×600×750	150

表 36-17　电热恒温水浴锅

名　称	型　号	规　格	额定功率/kW	额定电压/V	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
ASONE 恒温水/油槽	TMK-1K	恒温水槽	1		194×336×156	
	TMK-2K	恒温水槽	1		194×336×156	
	TMK-3K	恒温水槽	1		194×336×156	
	TMK-4K	恒温油槽	1.2		194×336×156	
	TR-1AR	恒温水槽			194×336×156	
	TR-2AR	恒温水槽			194×336×156	
	TR-3AR	恒温水槽			194×336×156	
	TR-4AR	恒温油槽			194×336×156	
电热恒温水浴锅	S11.2	单列 2 孔	0.5	220	310×160×115	8
	S11.6	单列 6 孔	1.5	220	944×156×114	28.5
	S11.8	单列 8 孔	2	220	1244×156×116	30.5
	S21.4	双列 4 孔	1	220	306×306×130	10
	S21.8	双列 8 孔	2	220	610×304×115	23
	HH.S21.4	双列 4 孔	1	220	295×300×90	7.8
	HH.S21.8	双列 8 孔	2	220	600×300×90	11
超级恒温水浴锅	501	±0.05℃	1.5	220	工作室：φ175×185 外水套：φ328×213	30
油浴锅	602A	±0.1℃	2.5	220	φ300×460	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-18 蒸馏水器

名　称	型　号	出水量/(L/h)	额定功率/kW	额定电压/V	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
不锈钢电热蒸馏水器	HS. Z11. 5	5	4. 5	220	280×200×590	9. 5
	HS. Z11. 10	10	7. 5	220	350×270×710	10. 5
	HS. Z11. 20	20	15	220	360×280×920	14. 5

表 36-19 普通实验台

名　称	型　号	规格/mm（长×宽×高）	质量/kg	特　性
ASONE 实验边台	SHA-450	450×750×800	25	台面：塞固兰和塞鲁隆 边缘：PP 聚丙烯 45mm 加工 柜体：两面密胺硬质纤维板
	SHA-600	600×750×800	32	
	SHA-900	900×750×800	45	
	SHA-1200	1200×750×800	57	
	SHA-1500	1500×750×800	74	
	SGA-450	450×750×800	26	
	SGA-600	600×750×800	33	
	SGA-900	900×750×800	46	
	SGA-1200	1200×750×800	58	
	SGA-1500	1500×750×800	77	
	SMA-1200	1200×750×800	69	
	SMA-1500	1500×750×800	80	
	SMA-1800	1800×750×800	89	
	SSA-1500	1500×750×800	92	
	SSA-1800	1800×750×800	102	
中央实验台	ZSA/B/C ZSD/E	1800×1500×850 2400×1500×850		板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢、花岗岩、不锈钢
单面实验台	DSA/B/C DSD/E	1800×750×850 2400×750×850		
	DSF/G DSH/I	1200×750×850 1800×750×850		
	DSJ DSK	1200×750×850 1800×750×850 2400×750×850		
药品架实验台	DY-1/SY-1 DY-2/SY-2	900×300×600 1200×300×600		
	DY-3/SY-3 DY-4/SY-4	900×300×900 1200×300×900		
	YP1-A YP1-B YP1-C	900×750×1800 900×480×1800 900×450×1800		
	YP2-A YP2-B YP2-C	1200×750×1800 1200×480×1800 1200×450×1800		
	YP3-A YP3-B YP3-C	1500×750×1800 1500×480×1800 1500×450×1800		
	FFK-307P	300×750×800	173	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-20 专用实验台

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	质量/kg	特性
ASONE 实验边台	HSF-1200	1200×750×800	96	台面：塞固兰和塞鲁隆 边缘：PP 聚丙烯 45mm 加工 柜体：两面密胺硬质纤维板 脚部：带水平调节器 抽斗、拉手
	HSF-1500	1500×750×800	104	
	HSF-1800	1800×750×800	118	
	HTF-1200	1200×750×800	94	
	HTF-1500	1500×750×800	103	
	HTF-1800	1800×750×800	122	
中央实验台	FCF-185P	1800×1500×1550	299	板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢、花岗岩、不锈钢 另含：照明灯、水龙头、水斗
	FCF-245P	2400×1500×1550	361	
	FCF-305P	3000×1500×1550	425	
	FCF-365P	3000×1500×1550	496	
单面实验台	FFK-187P	1800×750×800	116	
	FFK-247P	2400×750×800	143	
	FFK-307P	3000×750×800	173	

表 36-21 普通天平台设备台

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	名称	型号	规格/mm（长×宽×高）
天平台	TA-12	1200×750×780	设备台	SA-12	1200×750×850
	TA-24	2400×750×780		SA-24	2400×750×850
	TA-36	3600×750×780		SA-36	3600×750×850
	TA-48	4800×750×780		SA-48	4800×750×850
	TA-60	6000×750×780		SA-60	6000×750×850

表 36-22 专用天平台

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	质量/kg	特性
专用天平台	UBA-96	900×600×750	94	台面：50mm 人造石
	UBA-126	1200×600×750	118	台面：50mm 人造石
	UBA-186	1800×600×750	188	台面：50mm 人造石
防振天平台	UBC-97	900×750×750	137	防振台板：36mm 铸铁板
	UBC-127	1200×750×750	143	防振台板：36mm 铸铁板
	UBC-187	1800×750×750	274	防振台板：36mm 铸铁板

表 36-23 极谱台

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	特性
极谱台	JPT-A15	1500×750×850	支承：砖支墩 台面：水磨石
	JPT-B15	1500×750×850	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-24 工作台

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	最大负荷/kg	质量/kg	特性
ASONE 工作台	KSA-1200	1200×750×800	100	32	台面：塞固兰和塞鲁隆 边缘：PP 聚丙烯 45mm 加工 柜体：木制 PU 聚氨酯涂层
	KSA-1500	1500×750×800	100	37	
	KSA-1800	1800×750×800	150	46	
	KSA-2400	2400×750×800	150	60	
	KSA-1200	1200×750×800	100	35	台面：塞固兰和塞鲁隆 边缘：PP 聚丙烯 45mm 加工 柜体：木制 PU 聚氨酯涂层 拉手：带 PP 聚丙烯卡片夹
	KSA-1500	1500×750×800	100	41	
	KSA-1800	1800×750×800	150	50	
	KSA-2400	2400×750×800	150	65	

表 36-25 防潮箱

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	湿度设定范围/%RH	电源/V	功率/W	质量/kg
ASONE 防潮箱	SPB-1FN	450×400×900	20～50	100	40	30
	SPB-2FN	900×400×900	20～50	100	40	52
	SPB-3FN	600×525×1805	20～50	100	50	94
	SPB-4FN	1200×525×1805	20～50	100	50	120
	SPB-6FN	1200×525×1805	20～50	100	50	122
ASONE 数字高级控制电子防潮箱	DCD-SSP2	900×459×900	0～60	100	34	50
	DCD-SSP3	600×659×1800	0～60	100	63	70
	DCD-SSP4	1200×659×1800	0～60	100	121	115
	DCD-SSP6	1200×659×1800	0～60	100	121	115
	RCD-S3	600×659×1800	0～60	100	62	70
	RCD-S4	1200×659×1800	0～60	100	63	115
	RCD-S6	1200×659×1800	0～60	100	63	115
ASONE 真空防潮箱	VL	300×222×300	真空度 133Pa	100		11
	VL-C	300×222×300	真空度 133Pa	100		11
	VLH	310×333×520	真空度 133Pa	100		23
	VLH-C	310×333×520	真空度 133Pa	100		23

表 36-26 通风柜

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	风速/(m/s)	排风量/(m^3/h)	照明	特性
Fisher 通风柜		1219×810×2350	0.4～0.5	600	30W	基材：全钢框架结构 台面：进口 32mm Epoxy 台面 拉门：6mm 浮法夹层玻璃 考克：复合铜铸单口龙头 附件 1：万用插座，电源保护装置
		1524×810×2350	0.4～0.5	600	30W	
		1829×810×2350	0.4～0.5	600	30W	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	风速/(m/s)	排风量/(m³/h)	照明	特性
通风柜	BMJ-1	1200×850×2200	0.3～0.7	700～1500	20W	骨架、拉门：铝合金 板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢、花岗岩、不锈钢
	BMJ-2	1200×850×2400	0.3～0.7	700～1500	20W	
	BMJ-3	1500×850×2400	0.3～0.7	700～1600	30W	
	BMJ-4	1800×850×2400	0.3～0.7	800～1800	30W	
	KFS-120	1200×750×2350		720	30W	
	KFS-150	1500×750×2350		960	40W	
	KFS-180	1800×750×2350		1140	40W	
	KFB-120	1200×750×2550		720		
	KFB-150	1500×750×2550		960		
	KFB-180	1800×750×2550		1140		

4 医药和生物实验楼仪器设备

医药和生物实验楼主要的仪器设备包括：片剂测定仪、药物溶出仪、显微镜、高压蒸汽消毒器、培养箱、冷冻干燥器、净化工作台等。见表36-27～表36-35。

表36-27 片剂测定仪

名称	型号	技术特性	功率/W	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
片剂四用测定仪	78X-2	崩解导杆升降行程：(55+2)mm(单向) 崩解导杆升降速度：30～32次/min 脆碎往复行程：30mm 脆碎往复次数：560次/min 溶出度转速：50、100、150r/min 硬度测试时被测药片最大直径：16mm 硬度测试时被测药片最大压力：127.5N	40	560×280×250	23
崩解时限测定仪	LB系列	恒温精度：(37±0.5)℃ 吊篮上下移动距离：(55±1)mm 吊篮上下往复次数：30～32次/min	300	350×400×400	18
片剂硬度仪	YPJ系列	测定压力范围：0～200N 测定片剂最大直径：18mm			

表36-28 药物溶出仪

名称	型号	技术特性
药物溶出仪	RCZ-1A	温控精度：(37±0.5)℃ 转速范围：50、100、150、200r/min
	RCZ-6B	温控范围：36.5～38.5℃(数显) 调速范围：25～200r/min(数显)
	RCZ-6C	温控范围：36.5～38.5℃(数显) 调速范围：25～200r/min(数显)

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 36-29 显微镜

名 称	型号	技术特性	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
岛津 SHIMADZU 扫描探针显微镜	SPM-9600	观测倍数：1000000，测定高度：5～15μm 最大样品形状：φ24mm×8mm		
岛津 SHIMADZU 分析扫描电子显微镜	SSX-550	SEM：分辨率：3.5nm，放大倍数：300000 EDX：分辨率：138eV，检测元素：$_5$B～$_{92}$U		
生物显微镜	2XC3	单目，4 个物镜，1600 倍，自然光	265×245×385	6
	2XC3A	单目，4 个物镜，1600 倍，电光源	265×245×385	6
	2XC2	双目，4 个物镜，1600 倍，电光源	265×245×385	7
	2XC4	双目，4 个物镜，16000 倍，双光源	265×245×385	7
多用途生物显微镜	44X	4 个物镜，25～1600 倍，多功能研究		
摄影多用途生物显微镜	44XZ	44X 带照相机摄影装置		

表 36-30 高压蒸汽消毒器

名 称	型号	工作室容积/m³	工作温度/℃	工作压力/MPa	真空度/MPa	外形尺寸/mm（长×宽×高）	热源/MPa
卧式压力蒸汽消毒器	WY. 22	0. 25	115 121 126	0. 07 0. 11 0. 14		1360×765×1820	0. 3～0. 6
	WG. 32	1. 14	115 121 126	0. 07 0. 11 0. 14		3100×1210×1970	0. 3～0. 6
	WG. 22	1. 23	115 121 126	0. 07 0. 11 0. 14			0. 3～0. 6
预真空灭菌器	WG. 32	1. 2	132	0. 22	−0. 05	1900×1400×1800	0. 3～0. 7
	ZYS1203	0. 25	132	0. 22	−0. 085	1300×850×1910	0. 3～0. 7

表 36-31 培养箱

名称	型号	调温范围	额定功率/kW	额定电压/V	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
ASONE 培养箱	ICV-300	室温+5～80℃	0. 25	100	400×440×685	28
	ICV-450	室温+5～80℃	0. 25	100	550×540×835	38
	ICV-300P	室温+5～80℃	0. 25	100	400×440×685	28
	ICV-450P	室温+5～80℃	0. 25	100	550×540×835	38
	ICV-600	室温+5～80℃	0. 3	100	700×620×885	53
	ICV-750	室温+5～80℃	0. 3	100	550×540×1085	47
	ICV-600P	室温+5～80℃	0. 3	100	700×620×885	53
	ICV-750P	室温+5～80℃	0. 3	100	550×540×1085	47
电热恒温培养箱	DHP030	室温+5～60℃	0. 1	220	280×300×280	25
	DHP120	室温+5～60℃	0. 2	220	500×500×500	60

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名称	型号	调温范围	额定功率/kW	额定电压/V	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
霉菌试验培养箱	SM010A	(29±1)℃			400×450×400	
	SM025	(29±1)℃			580×540×760	
	JY-160L JY-210L	10～50℃	0.33	220	500×370×900	85
隔水式电热恒温培养箱	PYX-DHS 30×35	室温+3～60℃	0.25	220	300×300×350	30
	35×40	室温+3～60℃	0.33	220	350×350×400	40
	60×75	室温+3～60℃	0.77	220	600×600×750	123
	SP030	室温+5～60℃	0.15	220	300×300×300	50
	SP060	室温+5～60℃	0.25	220	400×400×400	65
	SP120	室温+5～30℃	0.35	220	500×500×500	95

表 36-32 冷冻干燥器

名称	型号	有效面积/m^2	凝结器容量/kg	最低温度/℃	最终绝压/Pa	额定功率/kW	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
冷冻干燥器	LGJ-1C	0.2	2	＜－60	4	4	1470×820×1830	700
	LGJ-1	1	10	＜－60	2.7	9	1300×1200×2300	1500
	LGJ-3	3	30	＜－60	2.7	21	3200×1270×2800	3100
	LGJ-5	5.55	50	＜－60	2.7	35	3500×1600×2800	4100

表 36-33 电子冷却柜

名称	型号	冷却能力/W（在10℃时）	使用范围/℃	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg	电源/V	最大电流/A
ASONE电子冷却柜	LTB-125	160	5～35	210×385×615	25	100	14
	LTB-250	310	5～35	290×425×700	35	100	15
	LTB-400	395	5～35	350×580×965	50	100	18

表 36-34 台式离心机

名称	型号	最高转速/(r/min)	最大容量/mL	加速时间/s	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg	功率/kW
Thermo微量台式离心机	Pico17	13300	24×1.5/2	11	352×243×225		
	Fresco17	13300	24×1.5/2	12	445×295×330		
	Pico21	14800	24×1.5/2	12	352×243×225		
	Fresco21	14800	24×1.5/2	13	445×295×330		
Thermo台式高速离心机	Primo	15000	4×100		475×380×315	40	0.35
	Primo R	15000	4×100		493×580×313	69.5	0.49
Thermo台式多用离心机	Megafuge1.0	6000	4×400		520×460×390	55	0.7
	Megafuge1.0R	6000 15000	4×400 18×1.5/2		557×705×390	104	1.1

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名称	型号	最高转速/(r/min)	最大容量/mL	加速时间/s	外形尺寸/mm(长×宽×高)	质量/kg	功率/kW
Thermo 台式多用离心机	Megafuge11	4100 14600	4×280 6×100	5	500×400×370	40	0.5
	Megafuge11R	4100 14600	4×280 6×100	5	600×570×370	72	0.8
Thermo 大容量冷冻离心机	Multifuge4KR	10000	4×1000 4×8 酶板	9	720×680×700	236	
Thermo 小型临床用离心机	Labofuge200	5300	12×15		375×284×240	10.7	0.65

表 36-35 净化工作台

名称		标准单人水平送风净化工作台		标准双人水平送风净化工作台	生物安全垂直送风净化工作台
型号		SW-CJ-1B	SW-CJ-1D	SW-CJ-1C	SA-IIA
主要技术参数	洁净度/级	100	100	100	100
	平均风速/(m/s)	0.36～0.44	0.36～0.44	0.35～0.55	0.35～0.55
	照明度/lx	≥300	≥300	≥300	≥300
	净化区尺寸/mm	820×480×575	820×400×575	1680×480×600	1250×630×650
	外形尺寸/mm	920×890×1425	920×800×1425	1765×890×1450	1410×915×2000
	电源	220V 50Hz	220V 50Hz	220V 50Hz	220V 50Hz
	质量/kg	160	160	400	400

5 化验楼工程设计的发展趋势

随着化工工艺技术的发展，尤其是高分子聚合物（化学聚合、物理聚合、物理化学聚合）、生物医药（蛋白质、多肽、酶）新产品的不断推出，对分析标准、分析方法和分析仪器以及化验楼提出更高的要求。同时，快速液相色谱、高效液相色谱、毛细管电泳液相色谱技术已经得到广泛的应用，使分析方法向快速化、微量化、仪器化方向取得进一步的发展。

随着化工厂工艺装置的大型化，对生产装置质量控制、化工厂安全、化工厂及周边环境影响的要求越来越严格，故分析取样的工艺流程也越来越周全，与仪表专业的在线取样分析系统的联系也越来越紧密。

随着网络系统的发展，对分析仪器和配套设施可通过相关网络查询规格、售价、交货周期等并采用整体打包（Package）采购的方式获得工程设计所需的信息。该方式特别适用于工程公司的工程总承包（EPC）和工程管理承包（PMC）项目，可省时省力；而且还可为业主节约工程建设费用。

由此，化验楼需要绿色的工程设计以从源头上遏制对环境的污染，实现绿色化学。现代化化验楼必须具备“安全、高效、舒适”三大要素，“以人为本”、“人与环境”已经成为化验楼工程设计的宗旨。

6 工程设计标准规范

《实验室建筑设备》(一) 07J901-1
《实验室建筑设备》(二) 07J901-2
《实验室建筑设备设计选用图》 GBJ 901（二）
《科学实验建筑设计规范》 JGJ 91—93
其余可见本手册第8章。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

第37章 科学实验建筑

1 概述

科学实验建筑广泛存在于以自然科学为基础的生产、科研和教学机构中，包括实验用房、辅助用房和公用设施用房。本章主要介绍通用实验室和实验动物房的设计。

1.1 术语

① 科学实验建筑：用于从事科学研究、实验工作和生产检测的建筑。一般包括实验用房、辅助用房和公用设施等用房。

② 实验用房：直接用于从事科学研究和实验工作的用房。包括通用实验室、专用实验室和研究工作室。

③ 通用实验室：适用于多学科的以实验台规模进行经常性科学研究和实验工作的实验室。

④ 专用实验室：有特定环境要求（如恒温、恒湿、洁净、无菌、防振、防辐射、防电磁干扰等）或以精密、大型、特殊实验装置为主（如电子显微镜、高精度天平、谱仪等）的实验室。

⑤ 辅助用房：为科研、实验工作提供服务的用房。包括学术活动室、图书资料室、实验动物房、温室、标本室、器材库等。

⑥ 研究工作室：用于科研实验人员从事理论研究、准备实验材料、查阅文献、整理实验数据、编写成果报告等的用房。

1.2 科学实验建筑设计的发展趋势

随着科学技术的日新月异，科学实验建筑在规划设计、信息技术和功能设置等方面也取得了长足的发展，以下分别加以介绍。

1.2.1 根据使用需求（URS，User Requirements Specification）进行规划和设计

科学实验建筑的规划与设计应先完成使用需求的报告文件（URS），经过业主审批以后，再开展详细设计和项目执行。在URS规划过程中，跨国公司、国家投资的某些大型项目和一些政府项目大多采用专业咨询的方式，就是委托具有丰富实验室设计经验的专业机构，利用专业的工具，与业主充分互动，最终形成一份科学、合理的使用需求报告。报告的内容应当包含人员规划、研发业务流程、各种类型房间（包含实验室、办公室、辅助用房等）的面积、设施要求和相互关系的规划，相关公用设施的需求（例如水、电、气和通风等），以及未来业务拓展的需求。这个过程，可以保证实验建筑项目的顺利实施，避免因为考虑不周导致预算大大增加和项目严重延期，避免投入使用以后才发现不能满足使用要求，最终形成经过审批的使用需求报告，这是设计院开展设计工作的重要依据。

在规划和设计的过程中，满足使用需求是最核心的部分，但同时需要考虑一些外部条件的限制，例如国家和当地政府对于消防、安全、环境保护和职业卫生的规定；工业园区对该地块的使用的限制；当地的气候条件以及地质条件等。一些跨国公司还需要满足公司在全球的惯例，一些政府项目还需要满足所属部委的相关要求等。

1.2.2 实验室信息管理系统

随着科研和生产技术的不断发展，人们对分析测试的要求无论在样品数量、分析周期、分析项目和数据准确性等方面都提出了更高的标准，而原来的人工管理模式已显得不太适应。为此，国际上相关实验室已开始朝网络化管理的方向发展。实验室信息管理系统（Lab Information Management Systems 简称 LIMS）就是在这一背景下产生的集现代化管理思想与计算机技术为一体的用于各行业实验室管理和控制的一项崭新的应用技术。

LIMS将实验室的分析仪器通过计算机网络连起来，采用科学的管理思想和先进的数据库技术，实现以实验室为核心的整体环境的全方位管理。它集样品管理、资源管理、事务管理、网络管理、数据管理（采集、传输、处理、输出、发布）、报表管理等诸多模块为一体，组成一套完整的实验室综合管理和产品质量监控体系，既能满足外部的日常管理要求，又能保证实验室分析数据的严格管理和控制。

目前全球领先的LIMS供应商（如 Thermo Fisher Scientific），能针对石化行业、化工行业、医药行业的研发业务开发出专门的LIMS系统。例如，Thermo的Watson实验室信息管理系统（LIMS）是基于美国FDA（食品及药物管理局）的GLP管理指导原则及FDA的21 CFR part 11对电子数据的管理

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

法规，专门为药物分析实验室设计的，能满足针对实验室流程中每一个环节进行严格的、可重复控制的要求。

1.2.3 实验室的“可灵活设置”功能

“可灵活设置”的实验室（Flexible Lab）是近年来由欧美兴起，并越来越受到全球领先科研机构和跨国公司推崇的通用实验室解决方案。它致力于用便捷、低成本的方式对实验室内的实验家具/设备进行灵活的重新布置和公用工程管线的无障碍驳接，以满足同一实验室空间下科研活动的多样性和科研发展的不确定性。一般具有以下特点：

① 可移动的实验家具；

② 特殊的空调设计以满足排风设备的增减和移位；

③ 特殊的公用工程管线走向和接口设计以满足实验设备/仪器的自由驳接和增减；

④ 特殊的吊顶设计以满足送、排风口和灯具的灵活布置。

1.3 主要设计规范

《科学实验建筑设计规范》JGJ 91—93
《建筑设计防火规范》GB 50016—2006
《洁净厂房设计规范》GB 50073—2001
《生物安全实验室建筑设计规范》GB 50346—2004
《实验室生物安全通用要求》GB 19489—2004
《实验动物　环境及设施》GB 14925—2001
《实验动物设施建筑技术规范》GB 50447—2008

2 通用实验室设计

2.1 选址要求

① 科学实验建筑的选址应满足科学实验工作的要求，并符合当地城市或工业园区的规划要求；具备相应的水源、能源、通信、排放等条件；避开噪声、振动、电磁干扰和其他污染源；符合安全、消防、职业卫生和环境保护的相关规定。

② 不同类别的科学实验建筑在选址上的侧重点有所不同，如生物洁净实验室应在大气含尘和有害气体浓度较低、自然环境较好的区域。

③ 当科学实验建筑和教学、管理等设施一起构成一个完整的项目时，科学实验建筑应位于教学、管理设施的同侧或最小频率风向的上风向。

2.2 总图设计

① 总图设计应符合科学实验工作的要求，包括各类用房、室外实验场地和道路的平面设计及竖向设计、公用设施管网的综合设计及环境设计。

② 各类用房宜集中布置，做到功能分区明确、布局合理、联系方便、互不干扰，宜留有发展余地。

③ 住宅不宜建在科学实验区内。当建在同一区域内时，则应相互分隔，另设出入口，并应符合防止污染及干扰的有关规定。

④ 使用有放射性、爆炸性、毒害性和污染性物质的独立建筑物或构筑物，在总图中的位置应符合有关安全、防护、疏散、环境保护的规定。

⑤ 公用设施用房在总图中的位置应符合节能和环境保护等要求。变配电室、冷冻站等宜设置在对周围环境干扰最少且靠近使用负荷中心处。当科学实验工作有隔振要求时，应根据防振距离要求进行布置，在无法保证防振距离时，应采取必要的隔振措施。

⑥ 环境设计应符合当地主管部门的绿化要求，且宜适当提高绿化率。绿化植物品种的选用应有利于净化空气、防止污染。

⑦ 微生物实验室、动物实验室应符合相关生物隔离和防止生物污染的规范、规定的要求。

2.3 平面设计

2.3.1 设计原则

实验建筑的主要特点是实验内容众多，工艺要求繁复，工程管网较多。实验建筑平面设计除了遵循一般建筑物平面设计原则外，尚需遵循下列原则。

① 在满足规范、实验人员和实验设施要求的基础上，实验室应具备足够的灵活性，能灵活调整房间布置，以适应实验室发展变化的需求，因此固定不动的因素尽可能减少，如墙体、家具应能拆卸；公用工程配管也应能适应变动的可能。

② 平面设计宜将实验室布置于实验建筑周围，有利于良好的采光。

③ 应注意人际交流和自由度。安排好实验室与研究室的关系，安排好实验工作路线，安排好实验台的位置、数量和间距，有足够的工作空间。

④ 应有良好的光照，以确保实验工作的准确性和安全性。实验室采光和照明要求均匀，避免眩光。

⑤ 应确保实验室的安全性，不使实验环境聚积对实验人员有害的气体，设置必要的设施以缓解意外事故发生时对人体或环境的伤害。

⑥ 应预留必要的发展条件，对今后发展新的实验设备时，所需的水、电、气及网络的线路和容量要有扩容的条件。为有利于发展，除下水管道外，其他公用管线宜由顶部引下。

2.3.2 建筑平面类型

(1) 单走廊平面（见图 37-1）

(2) 双走廊平面（见图 37-2）

(3) 封闭实验室与开放实验室组合布置（见图 37-3）

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

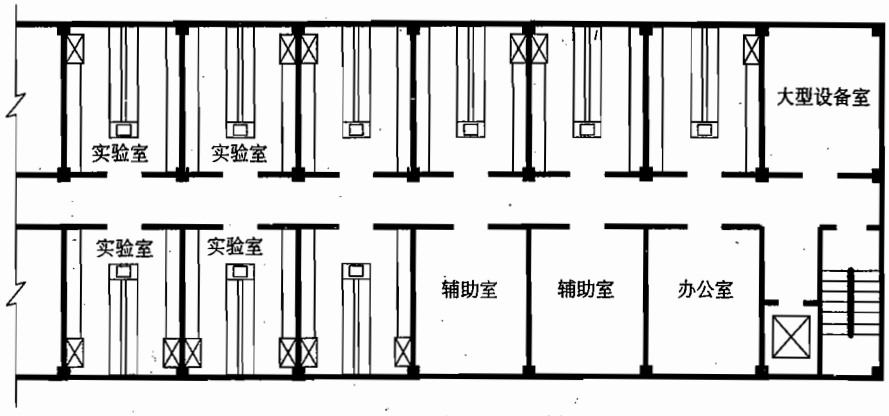


图 37-1　单走廊平面示例

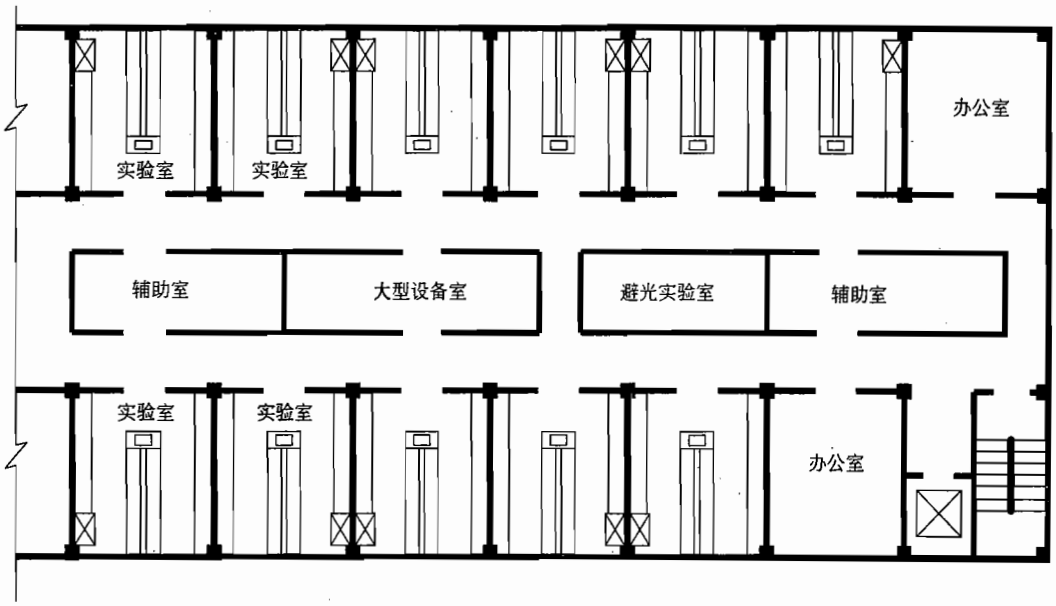


图 37-2　双走廊平面示例

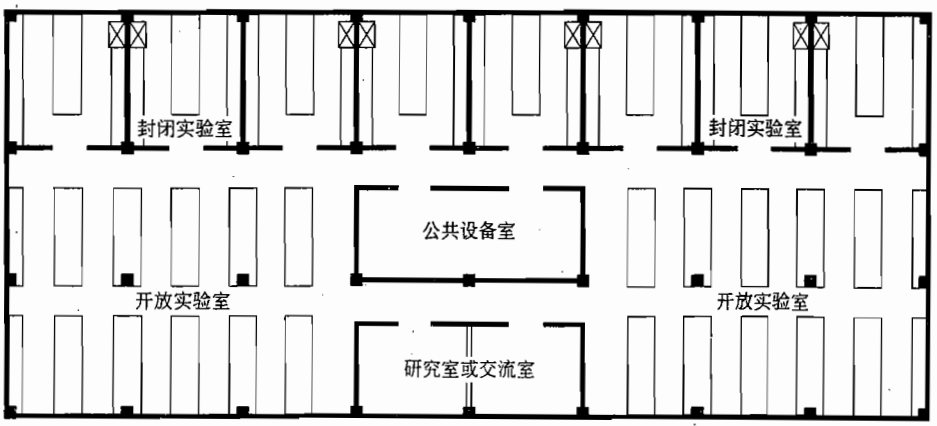


图 37-3　封闭实验室与开放实验室组合布置示例

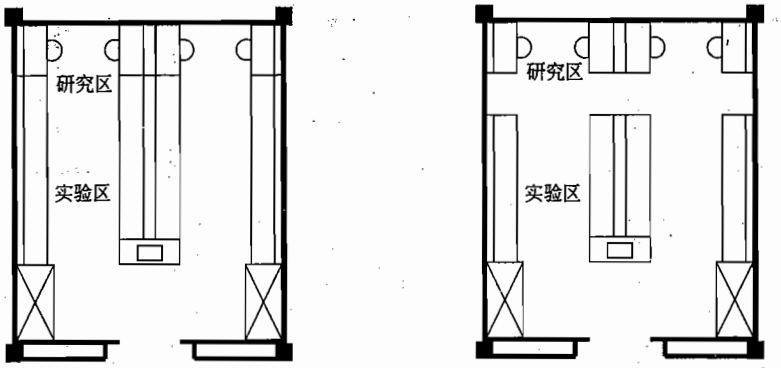
2.3.3　实验室与研究室的平面布局形式

(1) 内含式（见图 37-4）

(2) 相邻式（见图 37-5）

(3) 分离式（见图 37-6）

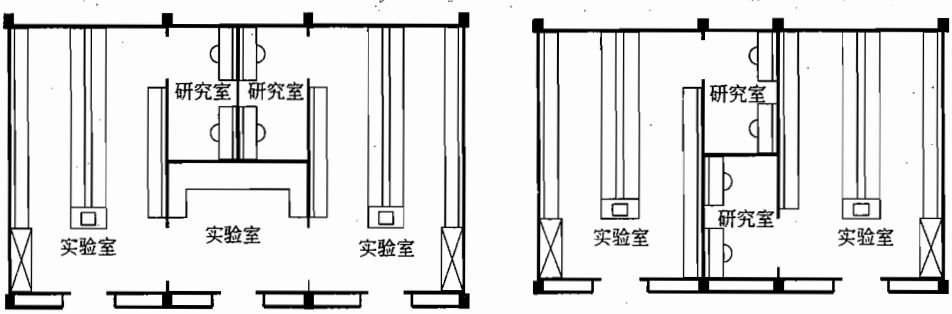
化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载



(a) 实验室内设办公桌桌位,与实验台相连,但桌面高度可以与实验台不同

(b) 实验室内设办公桌桌位,与实验台分离

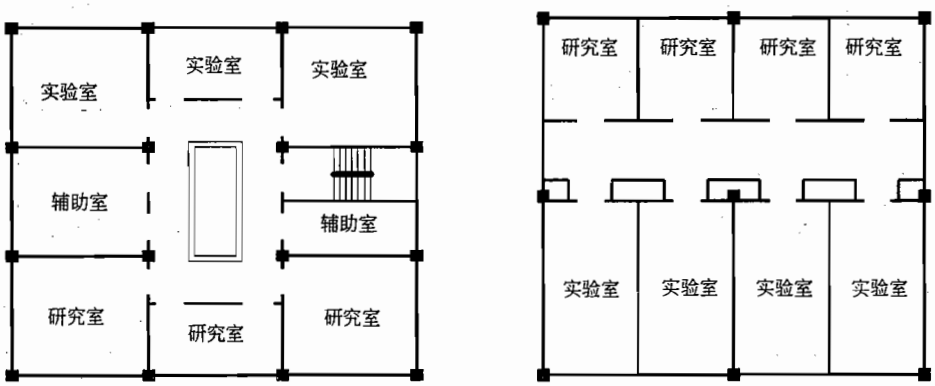
图 37-4 内含式平面示例



(a) 研究室与实验室均有直接采光

(b) 一个研究室有直接采光,另一个无

图 37-5 相邻式平面示例



(a) 研究室与实验室各自相对集中

(b) 研究室与实验室以走廊相隔且一一对应

图 37-6 分离式平面示例

2.4 照明设计

① 最小的眩光和均匀的照明度对于实验人员视觉的舒适来说是重要的，这可以保证实验数据准确地读取，减少眼疲劳和提高效率。

② 照明等级：根据《科学实验建筑设计规范》JGJ 91—93 照度标准定为 200lx，但目前国外公司在中国建设的实验室照明均为 300～500lx，根据我国国情及实际使用效果，一般采用 300lx 较为合适。

③ 光源的位置和方向：当光源方向平行于实验台时，它们应当靠近实验台前沿排列，以允许在过道空间进行灯具维修，并且将灯光照射到实验人员前方的工作面；当光源方向垂直于实验台时，应当伸出实验台边缘 300～450mm，以方便维护灯具。见图 37-7 和图 37-8。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

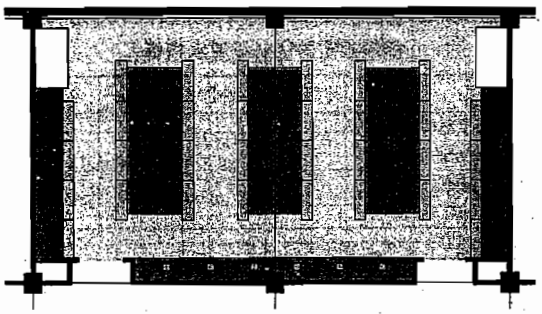


图 37-7 光源和实验台平行

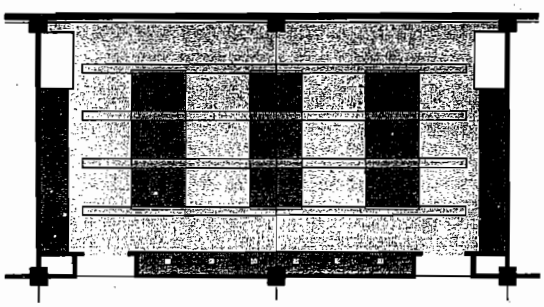


图 37-8 光源和实验台垂直

2.5 空调及通风系统设计

2.5.1 设计要点

空调和通风系统是科学实验建筑的重要组成部分，它直接和实验数据的准确性、操作人员的安全、环保的可靠性、节能等方面有关。因此空调和通风系统的设计除了遵循有关设计规范外，还应考虑以下5个方面。

① 操作人员安全：考虑有效捕捉和控制有毒颗粒和气溶胶。

② 房间压力：保持正确的气流方向。

③ 通风：提供适当的换气次数。

④ 舒适：提供适当的温湿度环境。

⑤ 洁净：满足特定区域空气洁净度的要求。

2.5.2 空调及通风系统设计

① 实验室的温度湿度一般需全年控制，夏季25～27℃，冬季16～20℃，相对湿度＜65%。

② 实验室空调系统的送风量除需满足常规实验室的舒适性和保证室内卫生条件的最低新风量外，更多情况是由该系统的排风设备的排风量及维持实验室压差要求决定的。

③ 实验室通风柜的排气不能在室内循环。实验室的换气次数实际大小与通风柜数量及每个通风柜换气量有关，同时最小换气次数要求为6～10次/h（实验室无人时换气次数可减少为6次/h）。

④ 实验室送风和排风应根据实验室工艺和室内安全、卫生和环保规范要求来确定空气过滤或特殊处理的方式。如常规化学实验室送风通常使用粗＋中效二级空气过滤空调。排风需高空或高速排放。

⑤ 通风柜的最小吸风面风速：对人体无害但有污染物为0.3～0.4m/s；轻、中度危害或有危险有害物为0.4～0.5m/s；极度危害或少量放射性有害物为0.5～0.7m/s；常规按0.5m/s计算。

2.6 管道设计

2.6.1 管道系统分类

实验建筑管道一般可分为三个系统：供应系统（供水、供气、供汽、供电等）、排放系统（排水、排气等）、空调与通风系统。

2.6.2 管道系统布置原则

① 在满足实验要求的前提下，应尽量使各种管道最短、弯头最少，以节约材料和减少能耗。

② 各种管道应按一定间距和次序排列。特殊管道（可燃气体、可燃液体、有毒流体等管道）的布置应符合相应规范，以满足安全要求。

③ 实验室普通废水可通过排水管，直接排入室外废水管道；酸、碱废水需中和后作为普通废水排放；其他腐蚀性废水和有毒有害废水应收集后送有资质单位统一处理；含微生物废水废物必须进行消毒灭菌处理。

④ 管道设计应便于施工、安装和维修，并应兼顾今后改装和增加的可能性。

2.6.3 管道系统布置方式

实验建筑管道系统是由总管、干管、支管三部分组成的。总管是指从室外管网到实验室内的一段管道；干管是指从总管分送到各实验单元的一段管道；支管是指从干管连接到实验台和实验设备的一段管道。各种管道一般以水平和垂直两种方式布置。

(1) 总管水平、干管垂直布置方式

水平总管可设在建筑物底层或顶层吊顶内，也可设在中间层的吊顶内，如有必要，还可设在底层地下。由总管引出的干管垂直分布，通过走廊边设置的垂直管井通到各实验单元。支管从干管引出，接至实验单元内的实验台和实验设备。

(2) 总管垂直、干管水平布置方式

由室外管网引入的总管走垂直管井至建筑物各层。由总管引出的干管按各层水平敷设。支管从干管引出，接至实验单元内的实验台和实验设备。对于小型实验建筑，通常把总管设在建筑物的一端，水平干管由一端通到另一端。对于建筑形体较长的实验建筑，总管宜布置在建筑物中部，水平干管由中部通向建筑物两端。

2.7 实验室纯水系统

纯水是实验室不可缺少的基础实验材料，不同的

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

实验对纯水的水质要求各不相同，因此国际标准化组织和有关国家的标准机构都建立了相应的实验室纯水的分级标准。

2.7.1 实验室纯水的分级

① 国际标准化组织的实验室纯水规范 ISO 3696：1987 年颁布了实验室纯水系统的分级定义，该标准包括以下三个等级。见表 37-1。

表 37-1 国际标准化组织的实验室纯水规范 ISO 3696（1995 年）

技术参数	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
pH(在 25℃)	—	—	5.0～7.5
最大电导率(在 25℃)/(μS/cm)	0.1	1.0	5.0
最大氧化物 氧含量/(mg/L)	N/A	0.08	0.4
254nm 时的最大吸光率在 1cm 光径长度	0.001	0.01	无指标
110℃蒸馏后的最大残余物/(mg/kg)	N/A	1	2
二氧化硅(SiO_2)最大含量/(mg/L)	0.01	0.02	无指标

Ⅰ级：基本上去除了溶解或胶状的离子和有机污染物，适用于最严格的分析需求包括高效液相色谱（HPLC）。它由Ⅱ级水进一步处理而成，比如在反渗透和离子交换后连接过滤器，通过一个 0.2μm 孔径的膜过滤器去除颗粒物或用蒸馏水器进行双蒸。

Ⅱ级：非常低的无机物、有机物或胶体污染物含量，并适合于灵敏的分析目的，包括原子吸收色谱（AAS）和痕量的成分分析。可由多次蒸馏、离子交换或反渗透后连接蒸馏而制成。

Ⅲ级：适用于大部分实验室的化学实验及试剂制备。可由单级蒸馏、离子交换或反渗透制成，除非另行说明，Ⅲ级水可适用于普通分析工作。

上述指标不一定满足某些实验对纯水的要求，尤其是缺少对细菌和内毒素的控制指标，而且电导率指标略显偏低。

② 美国试验和材料学会（ASTM）D1193—99 标准规定的试剂级纯水指标，涵盖了适用于化学分析和物理实验的用水需求，以适应不同实验的具体应用。见表 37-2。

表 37-2 美国试验和材料学会（ASTM）D1193—99 标准规定的试剂级纯水指标

项 目	类型Ⅰ①	类型Ⅱ②	类型Ⅲ③	类型Ⅳ
最大电导率(在 25℃)/(μS/cm)	0.056	1.0	0.25	5.0
最小电阻率(在 25℃)/MΩ·cm	18.0	1.0	4.0	0.2
pH(在 25℃)	—	—	—	5.0～8.0
最大 TOC/(μg/L)	50	50	200	无要求
最大钠含量/(μg/L)	1	5	10	50
最大硅含量/(μg/L)	3	3	500	无要求
最大氯化物/(μg/L)	1	5	10	50

①需要使用 0.2μm 膜滤器；②通过蒸馏制备；③需要使用 0.45μm 膜滤器。

当需要控制细菌时，相关等级类型应进行进一步分级，见表 37-3。

表 37-3 微生物等级划分

项 目	类型 A	类型 B	类型 C
最大总细菌数/(CFU/100mL)	1	10	1000
最大内毒素含量/(IU/mL)	0.03	0.25	—

③ 药典标准 各国药典由各国的权威机构制定，值得注意的是美国、欧洲和日本的药典。在各药典中纯水的指标都是基本相同的。欧洲药典和美国药典对纯水的规定标准在表 37-4 中简要列出。灭菌制剂对水的要求很高，注射用水对细菌和热原要求十分严格，对制备方法也有特殊规定。满足药典指标的纯水常用于与医药有关的实验活动。

表 37-4 药典对纯水的要求

特性	欧洲药典	美国药典
电导率	<4.3μS/cm(在 20℃)	<1.3μS/cm(在 25℃)
TOC	<500μg/L 碳	<500μg/L 碳
细菌(指导数据)	<100CFU/mL	<100CFU/mL
硝酸盐	<0.2ppm①	—
重金属	<0.1ppm	—

① $1ppm=10^{-6}$。

2.7.2 实验室纯水应用

实验室纯水应用见表 37-5、表 37-6。

表 37-5 生命科学应用

技 术	敏感度	电阻率/MΩ·cm	TOC/ppb①	滤器/μm	细菌/(CFU/mL)	内毒素/(IU/mL)	核酸酶	纯水等级
细菌细胞培养	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
临床生物化学	USP/EP	>2	<500	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	CLSI	>10	<500	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
电泳	高	>18	<10	UF	<1	<0.005	ND	少热原超纯水②
电生理学	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

技　术	敏感度	电阻率 /MΩ·cm	TOC /ppb①	滤器 /μm	细菌 /(CFU/mL)	内毒素 /(IU/mL)	核酸酶	纯水等级
酶联免疫吸附分析	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
内毒素分析	标准	>1	<50	<0.2	<1	<0.05	ND	少热原超纯水②
	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
组织学	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
水栽培	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
细胞免疫化学	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
哺乳动物细胞培养	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
介质制备	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
微生物分析	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
分子生物学	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
单克隆抗体研究	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
植物组织培养	高	>18	<10	UF	<1	<0.002	ND	少热原超纯水②
放射性免疫分析	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水

①1ppb=10^{-9}；②ASTM D1193—99 类型 1-A。

：敏感杂质；NA：不适用；ND：检测不到；UF：超滤。

表 37-6　分析和常规应用

技　术	敏感度	电阻率 /MΩ·cm	TOC /ppb①	滤器 /μm	细菌 /(CFU/mL)	内毒素 /(IU/mL)	核酸酶	纯水等级
蒸馏水器供水	低	>0.05	<500	NA	NA	NA	NA	实验室Ⅲ级纯水
蒸汽发生器	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
玻璃器皿清洗	一般	>1	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
样本稀释和试剂制备	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
超纯水系统供水	一般	>0.05	<50	NA	NA	NA	NA	实验室Ⅲ级纯水
	高	>1	<10	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
固相萃取	一般	>1	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<3	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
普通化学	一般	>1	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
电化学	一般	>5	<50	>0.2	NA	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	>0.2	>1	NA	NA	超纯水②
分光光度计	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
TOC 分析	一般	>1	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<3	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
水质分析	一般	>5	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
离子色谱	一般	>5	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	18.2	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
Flame-AAS 火焰法原子吸收	一般	>5	<500	<0.2	NA	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
GF-AAS 石墨炉原子吸收	高	18.2	<10	<0.2	<10	NA	NA	超纯水②
HPLC 高效液相色谱	一般	>1	<50	<0.2	<1	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<3	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

技　术	敏感度	电阻率 /MΩ·cm	TOC /ppb①	滤器 /μm	细菌 /(CFU/mL)	内毒素 /(IU/mL)	核酸酶	纯水等级
HPLC-MS 液质联用	高	18.2	<3	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
ICP-AES 电耦合等离子光谱仪	一般	>5	<50	<0.2	NA	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	>18	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
ICP-AES 等离子质谱	一般	>10	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	18.2	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
痕量金属检测	一般	>5	<50	<0.2	<10	NA	NA	实验室Ⅱ级纯水
	高	18.2	<10	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②
GC-MS 气质联用	高	>18	<3	<0.2	<1	NA	NA	超纯水②

①1ppb=10^{-9}；②ASTM D1193—99 类型1。

：敏感杂质；NA：不适用。

2.8 常用实验仪器、设备

2.8.1 实验室家具

实验室家具包括柜体、台面、储物架、特殊储藏柜、水槽和其他配件。实验室家具的强度、高耐久性和抗化学腐蚀性是保障实验室持久安全运转的基本条件。实验室家具供应商应提供强度和抗腐蚀性的检测报告，确保满足该实验室的使用需求。

实验台技术参数示例见表37-7，天平台、设备台技术参数示例见表37-8。

表37-7 实验台技术参数示例

名　称	型　号	规格/mm (长×宽×高)	特　性
中央实验台	ZSA ZSB ZSC ZSD ZSE	1800×1500×850 2400×1500×850	板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢(花岗岩、不锈钢、塑面板)
单面实验台	DSA DSB DSC DSD DSE	1800×750×850 2400×750×850	
	DSF DSG DSH DSI	1200×750×850 1800×750×850	
	DSJ DSK	1200×750×850 1800×750×850 2400×750×850	
药品架实验台	DY-1 DY-2	900×300×600 1200×300×600	
	DY-3 DY-4	900×300×900 1200×300×900	
	SY-1 SY-2	900×300×600 1200×300×600	
	SY-3 SY-4	900×300×900 1200×300×900	
	YP1-A、 YP1-B YP1-C	900×750×1800 900×480×1800 900×450×1800	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名　称	型　号	规格/mm（长×宽×高）	特　性
药品架实验台	YP2-A YP2-B YP2-C	1200×750×1800 1200×480×1800 1200×450×1800	板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢（花岗岩、不锈钢、塑面板）
	YP3-A YP3-B YP3-C	1500×750×1800 1500×480×1800 1500×450×1800	
中央实验台	FCF-185P	1800×1500×1550	含：药品架、照明灯、水龙头、水斗
	FCF-245P	2400×1500×1550	
	FCF-305P	3000×1500×1550	
	FCF-365P	3600×1500×1550	
单面实验台	FFK-187P	1800×750×800	
	FFK-247P	2400×750×800	
	FFK-307P	3000×750×800	

表 37-8　天平台、设备台技术参数示例

名称	型号	规格/mm（长×宽×高）	质量/kg	材　料
天平台	TA-12	1200×750×780		
	TA-24	2400×750×780		
	TA-36	3600×750×780		
	TA-48	4800×750×780		
	TA-60	6000×750×780		
	UBA-96	900×600×750	94	台面：50mm 人造石
	UBA-126	1200×600×750	118	台面：50mm 人造石
	UBA-186	1800×600×750	188	台面：50mm 人造石
防振式天平台	UBC-97	900×750×750	137	防振台板：36mm 铸铁板
	UBC-127	1200×750×750	143	防振台板：36m 铸铁板
	UBC-187	1800×750×750	274	防振台板：36m 铸铁板
设备台	SA-12	1200×750×850		
	SA-24	2400×750×850		
	SA-36	3600×750×850		
	SA-48	4800×750×850		
	SA-60	6000×750×850		

2.8.2　通风柜

通风柜是化学实验室内重要的安全设备和操作场所，通风柜的品质对操作者的健康和安全起着至关重要的作用。因此，通风柜的选择应注意以下几点。

① 通风柜外形美观，经久耐用，内部构造设计有对爆炸释压的泄压装置。

② 通风柜柜门打开在正常操作位置时，表面风速为 0.4～0.5m/s。

③ 每台通风柜配备插座、水龙头及气体阀门，以便在需要时接入供应管路。

④ 通风柜内有害气体泄漏<0.01mg/m³。供应商应提供检验报告。通风柜的材质、台面类型应满足防火、耐高温和耐腐蚀的要求。通风柜柜体应选用 1.2mm 实验室专用优质冷轧钢板，表面经环氧树脂静电喷涂。通风柜内衬材料需要有权威机关的证明，有良好的化学抗性。

通风柜技术参数示例见表 37-9。

2.8.3　生物安全柜

生物安全柜是设计用以保护操作者本人、实验室环境以及实验材料，避免接触在操作原始培养物、菌毒株以及诊断标本等具有传染性的实验材料时可能产生的传染性气溶胶和溅出物。

生物安全柜按对人员、环境和受试样本的保护程度进行分级，见表 37-10。生物安全柜技术参数示例见表 37-11。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-9 通风柜技术参数示例

名称	型号	规格/mm (长×宽×高)	风速 /(m/s)	排风量 /(m³/h)	照明	特性
通风柜	BMJ-1	1200×850×2200	0.3～0.7	700～1500	20W	骨架、拉门：铝合金 板面：柔光防水贴面板 台面：玻璃钢（花岗岩、不锈钢、塑面板）
	BMJ-2	1200×850×2400	0.3～0.7	700～1500	20W	
	BMJ-3	1500×850×2400	0.3～0.7	700～1600	30W	
	BMJ-4	1800×850×2400	0.3～0.7	800～1800	30W	
	KFS-120	1200×750×2350		720	30W	
	KFS-150	1500×750×2350		960	40W	
	KFS-180	1800×750×2350		1140	40W	
	KFB-120	1200×750×2550		720		
	KFB-150	1500×750×2550		960		
	KFB-180	1800×750×2550		1140		

表 37-10 生物安全柜分级表

级别	类型	排风	循环空气比例/%	柜内气流	吸入口风速/(m/s)	防护对象
Ⅰ级		可向室内排风	—	乱流	≥0.40	使用者
Ⅱ级	A1 型	可向室内排风	70	单向流	≥0.38	使用者和样品
	A2 型	可向室内排风	70	单向流	≥0.50	
	B1 型	不可向室内排风	30	单向流	≥0.50	
	B2 型	不可向室内排风	0	单向流	≥0.50	
Ⅲ级			0	乱流	无吸入口，当一只手套筒取下时，手套口风速≥0.70	首先是使用者，有时兼顾样品

注：摘自《生物安全实验室与生物安全柜》. 许钟麟，王清勤 编著.

表 37-11 生物安全柜技术参数示例

型号		BSC1200ⅡA	BSC1500ⅡA	BSC1800ⅡA
高效过滤器	工作区压力损失	≤100Pa		
	排风口压力损失			
	效率	≥99.995%		
工作区平均送风风速		≥0.3m/s		
吸入口平均风速		≥0.5m/s		
照明	荧光灯	2×20W	2×30W	2×40W
	光强	≥400lx		
紫外灯		1×20W	1×30W	1×40W
风机/(m³/min)		16.10	20.50	24.90
电源保护		电机具有温度保险器		
过滤器寿命指示器		液晶显示，传感器精度为 10%		
电源	电压/频率	(220±22)V，50Hz		
	消耗功率/V·A	≤550	≤650	≤1000
噪声		≤58dB(A)		
洁净度等级		100 级(≤0.5μm 颗粒)		
振动幅度		工作台面中心的振幅≤5μm		
生物安全性能	人员安全性	符合 NSF48:1992 的规定		
	样品安全性			
	交叉感染			
内部工作区		不锈钢(316L)		
工作区尺寸/mm		1100×610×680	1400×610×680	1700×610×680
外形尺寸/mm		1200×780×2100	1500×780×2100	1800×780×2100

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

2.8.4 常用仪器、设备示例

(1) 天平（见表 37-12）
(2) pH 计（见表 37-13）
(3) 搅拌器（见表 37-14）
(4) 电导率仪（见表 37-15）
(5) 熔点测定仪（见表 37-16）
(6) 黏度计、比重计（见表 37-17）
(7) 片剂测定仪（见表 37-18）
(8) 药物溶出仪（见表 37-19）
(9) 光学仪器（见表 37-20）
(10) 生物显微镜（见表 37-21）
(11) 气相色谱仪（见表 37-22）
(12) 液相色谱仪（见表 37-23）
(13) 电阻炉（见表 37-24）
(14) 恒温干燥箱（见表 37-25）
(15) 电热恒温水浴锅（见表 37-26）
(16) 高压蒸汽消毒器（见表 37-27）
(17) 培养箱（见表 37-28）
(18) 蒸馏水器（见表 37-29）
(19) 冷冻干燥器（见表 37-30）
(20) 净化工作台（见表 37-31）

表 37-12 天平技术参数示例

名称	型号	称量/g	分度值/mg	外形尺寸/mm（长×宽×高）	净重/kg
电子分析天平	FA1004	100	0.1	195×330×304	
	FA1104	110	0.1	195×330×304	
	FA1604	160	0.1	195×330×304	
	FA2004	200	0.1	195×330×304	
	FA2104	210	0.1	195×330×304	
电子精密天平	JA1003	100	1	195×330×304	
	JA1203	120	1	195×330×304	
	JA2003	200	1	195×330×304	
	JA3003	300	1	195×330×304	
	JA5003	500	1	195×330×304	
	MP200A	200	1	335×200×355	
	MP200B	200	10	335×200×120	
单盘机械天平	DWT-1	20	0.01	230×390×440	13
双盘机械天平	TG128	200	0.02	430×310×590	20
	TG332A	20	0.01	270×310×417	14.5
	TG335	2	0.001	310×265×395	16.5
链条天平	TL-02C	200	10	510×285×515	16
物理天平	TW-05B	500	50	455×185×435	6.5
扭力天平	JN-B-50	0.05	0.1	190×60×365	
静水力学天平	8SJ5kg-1	5000	100		
架盘天平	HC-TP11-1	100	100		
	HC-TP11-2	200	200		
	HC-TP11-5	500	500		
超微量天平（专业型）	UMT2	2.1	0.1μg	128×287×113 202×294×92	
	UMT5	5.1	0.1μg	128×287×113 202×294×92	
	MT5	5.1	1μg	128×287×113 202×294×92	
分析天平（标准型）	AG135	31/101	0.01/0.1	205×330×310	
	AG285	81/210	0.01/0.1	205×330×310	
	AG64	61	0.1	205×330×310	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

续表

名称	型号	称量/g	分度值/mg	外形尺寸/mm（长×宽×高）	净重/kg
分析天平（标准型）	AG104	101	0.1	205×330×310	
	AG204	210	0.1	205×330×310	
		81/210	0.1/1	205×330×310	
	AE240	41/205	0.01/0.1	205×410×290	
	AE100	109	0.1	205×410×290	
	AE200	205	0.1	205×410×290	
	AE260	60/205	0.1/1	205×410×290	
分析天平（基础型）	AB104-S/A	110	0.1	245×321×344	
	AB204-S/A	220	0.1	245×321×344	
	AB304-S/A	320	0.1	245×321×344	
精密天平（基础型）	PB153-S/A	151	1	245×321×236	
	PB303-S/A	310	1	245×321×236	
		60/310	1/10	245×321×236	
	PB1501-S/A	1510	100	245×321×89	
	PB3001-S/A	3100	100	245×321×89	
	PB5001-S/A	5100	100	245×321×89	
	PB8001-S/A	8100	100	245×321×89	
	PB8000-S/A	8100	1000	245×321×89	

表 37-13 pH 计技术参数示例

名称	型号	测量范围 pH	供电电源/V	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
实验室 pH 计	PHSJ-4A	0～14	220V 50Hz	290×200×75	1
	PHS-3F	0～14	220V 50Hz	290×200×75	1
	PHS-3B	0～14	220V 50Hz	290×210×95	1.5
	PHS-3C	0～14	220V 50Hz	290×210×95	1.5
	PHS-2F	0～14	220V 50Hz	290×210×95	1.5
	PHBJ-260	0～14	5#电池4节	210×100×45	0.5
	PHB-4	0～14	9V电池1节	170×80×35	0.3
	PHREX-2	0～14	1.4V电池	150×40×25	0.1
	PHS-25	0～14	220V 50Hz	270×160×85	2
实验室 pH 计	MP120	0～14		265×190×65	
	MP125	−2～16		265×190×65	
	MI129	0～14		265×190×65	
	MP220	0～14		265×190×65	
	MP225	−2～19.999		265×190×65	
	MI229	−2～16		265×190×65	

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-14 搅拌器技术参数示例

名称	型号	最高加热温度/℃	搅拌能力/mL	电源电压/V	功率/W	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
磁力加热搅拌器	78-1A	80	1000	220	300	242×188×134	4
	79-1	80	2000	220	249	285×175×145	4
电动搅拌机	6511			220	25	300×350×760	
	7312-1			220	40	300×260×760	
强力电动搅拌机	JB50-D			220	50	300×260×760	
	JB90-D			220	90	320×300×800	
	JB200-D			220	200	280×360×730	
	JB300-D			220	300	280×360×730	
实验室搅拌机	RW20. N		20000		70	普通型	
	RW20. D. N		20000		70	数显型	
磁力加热搅拌器	RCT	300	20000			普通型	
	RET	300	20000			控制型	

表 37-15 电导率仪技术参数示例

名称	型号	测量范围/(μS/cm)	电源电压/V	功率/W	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电导率仪	DDS-11C	$0\sim10^5$	220		240×145×90	3
	DDS-11D	$0\sim10^5$	220		260×160×85	2
	DDB-303A	$0\sim2\times10^4$	9V 电池		165×80×35	0.35
	DDS-304	$0\sim10^5$	220		210×140×80	1.2
	DDS-307	$0\sim2\times10^4$	220		290×210×95	1.5
	DDSJ-308A	$0\sim2\times10^5$	220	6	290×190×65	1

表 37-16 熔点测定仪技术参数示例

名称	型号	温度范围/℃	电源电压/V	功率/W	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
熔点仪	WRR	40～280	220		270×310×400	12.5
数字熔点仪	WRS-1A	室温～300	220		510×330×200	
	WRS-1B	室温～300	220		510×330×200	
显微熔点仪	WRX-1S	室温～300	220			12.6

表 37-17 黏度计、比重计技术参数示例

名称	型号	测量范围/mPa·s	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
旋转式黏度计	NDJ-1	$0.1\sim1\times10^5$	300×300×450	1.5
	NDJ-4	$10\sim2\times10^6$	300×300×450	2
涂4黏度计	NDJ-5	$30s\leqslant t\leqslant100s$	155×98×335	
数字式黏度计	NDJ-5S	$10\sim1\times10^5$	308×300×450	3.75
旋转式黏度计	NDJ-7	$1\sim1\times10^6$	185×165×450	12
数字式黏度计	NDJ-8S	$10\sim2\times10^6$	308×300×450	3.75
	NDJ-9S	$10\sim1\times10^5$	340×420×470	2.6
	SNB-1	$100\sim1\times10^5$	342×434×546	2.7
液体比重天平	PZ-B-5	0～2.0000	240×90×280	1.5
密度计	DE40	内置恒温装置		
	DE50	内置恒温装置		
	DE51	内置恒温装置		
	DA-100M	内置恒温装置		
便携式密度计	DA-110M	自动校正温度补偿		

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-18 片剂测定仪技术参数示例

名 称	型号	技术特性	功率/W	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
片剂四用测定仪	78X-2	崩解导杆升降行程：(55±2)mm(单向) 崩解导杆升降速度：30～32 次/min 脆碎往复行程：30mm 脆碎往复次数：560 次/min 溶出度转速：50、100、150r/min 硬度测试时被测药片最大直径：16mm 硬度测试时被测药片最大压力：127.5N	40	560×280×250	23
崩解时限测定仪	LB 系列	恒温精度：(37±0.5)℃ 吊篮上下移动距离：(55±1)mm 吊篮上下往复次数：30～32 次/min	300	350×400×400	18
片剂硬度仪	YPJ 系列	测定压力范围：0～200N 测定片剂最大直径：18mm			

表 37-19 药物溶出仪技术参数示例

名 称	型 号	技术特性
药物溶出仪	RCZ-1A	温控精度：(37±0.5)℃ 转速范围：50、100、150、200r/min
	RCZ-6B	温控范围：36.5～38.5℃(数显) 调速范围：25～200r/min(数显)
	RCZ-6C	温控范围：36.5～38.5℃(数显) 调速范围：25～200r/min(数显)

表 37-20 光学仪器技术参数示例

名 称	型 号	技术特性
分光光度计	721 型	波长范围：360～800nm 波长精度：±3nm
光栅分光光度计	722 型	波长范围：330～800nm 波长精度：±2nm
可见分光光度计	723 型	波长范围：330～800nm 波长精度：±1nm
紫外可见分光光度计	751G 型	波长范围：200～1000nm 波长精度：±1.0nm
双光束紫外可见分光光度计	760CRT	波长范围：190～900nm 波长准确度：±0.3nm
荧光分光光度计	960CRT	EM 波长范围：200～800nm 波长准确度：EM±0.3nm
原子吸收分光光度计	361MC	波长范围：190～900nm 波长精度：±0.5nm
原子吸收分光光度计	361CRT	波长范围：190～900nm 波长精度：±0.5nm
改进型阿贝折射仪	2WAJ	ND：1.300～1.700，精度：0.0002，单目
数显多功能阿贝折射仪	2WAE	ND：1.300～1.700，精度：0.0002
圆盘旋光仪	WXG-4	度盘格值 1′ 测量范围±180′，最小读数 0.05′
自动指示旋光仪	WZZ-1	测量范围±45°，数显最小读数 0.01°
数显自动旋光仪	WZZ-2A	测量范围±45°，数显最小读数 0.005°
数字式自动糖度旋光仪	WZZ-1SS	测量范围±120°Z，最小读数单位 0.005°Z

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-21 生物显微镜技术参数示例

名 称	型号	技 术 特 性	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
生物显微镜	2XC3	单目，4个物镜，1600倍，自然光	265×245×385	6
	2XC3A	单目，4个物镜，1600倍，电光源	265×245×385	6
	2XC2	双目，4个物镜，1600倍，电光源	265×245×385	7
	2XC4	双目，4个物镜，1600倍，双光源	265×245×385	7
多用途生物显微镜	44X	4个物镜，25～1600倍，多功能研究		
摄影多用途生物显微镜	44XZ	44X带照相机摄影装置		

表 37-22 气相色谱仪技术参数示例

名称	型号	技 术 特 性	附 件
气相色谱仪	GC102 GC102D GC102N GC102F GC102T GC102M	TCD灵敏度：$S \geqslant 1000mV \cdot mL/mg$ FID灵敏度：$M_t \leqslant 1\times10^{-10}g/s$ 恒温室：室温+40℃～300℃	
	GC112	FID灵敏度：$M_t \leqslant 5\times10^{-11}g/s$ 色谱柱温度：室温+30℃～320℃ 最高使用温度：≤350℃	TCD型热导池检测器 ECD型电子捕获检测器
	GC122	FID灵敏度：$M_t \leqslant 1\times10^{-11}g/s$ 色谱柱温度：室温+15℃～400℃ 增量1℃时，控温精度：±0.1℃ 最高使用温度：≤400℃	TCD型热导池检测器 ECD型电子捕获检测器 FPD型火焰光度检测器 NPD型氮磷检测器
	GC1102	TCD灵敏度：$S \geqslant 1500mV \cdot mL/mg$ FID灵敏度：$M_t \leqslant 5\times10^{-11}g/s$	
	GC1102N	TCD灵敏度：$S \geqslant 1500mV \cdot mL/mg$ FID灵敏度：$M_t \leqslant 5\times10^{-11}g/s$	
	4890D		FID型火焰离子化检测器 TCD型热导池检测器 ECD型电子捕获检测器 FPD型火焰光度检测器 NPD型氮磷检测器
	6890D 增强型		FID型火焰离子化检测器 TCD型热导池检测器 m-ECD型电子捕获检测器 ECD型电子捕获检测器 FPD型火焰光度检测器 NPD型氮磷检测器 MSD质量选择检测器 AED原子发射光谱检测器 PFPD脉冲火焰光度检测器 PID光离子化检测器 ELCO电导池检测器 DID放电离子化检测器 SCD硫化学发光检测器 NCD氮化学发光检测器

表 37-23 液相色谱仪技术参数示例

名 称	型号	技 术 特 性
高效液相色谱仪	DLC-20	主机：(美国原装进口) 附件：工作站

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-24 电阻炉技术参数示例

名称	型号	额定功率/kW	额定电压/V	电源相数	额定温度/℃	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
箱式电阻炉	SX2-2.5-10	2.5	220	单	1000	542×360×440	35
	SX2-4-10	4	220	单	1000	650×440×515	55
	SX2-8-10	8	380	3	1000	800×520×587	115
	SX2-12-10	12	380	3	1000	930×620×730	180
	SX2-2.5-12	2.5	220	单	1200	542×360×440	35
	SX2-5-12	5	220	单	1200	650×440×515	55
	SX2-10-12	10	380	3	1200	800×520×587	115
	SX2-6-13	6	~360	3	1300	625×604×600	90
	SX2-10-13	10	~360	3	1300	762×660×675	135
管式电阻炉	SK2-2-10	2	220	单	1000	728×308×404	35
	SK2-4-10	4	220	单	1000	1138×343×471	70
	SK2-6-10	6	220	单	1000	1279×388×526	90
	SK2-2-12	2	220	单	1200	728×308×404	35
	SK2-4-12	4	220	单	1200	1138×343×471	70
	SK2-6-12	6	220	单	1200	1279×388×526	90
电热板	SB-1.8-4	1.8	220	单	≥400	460×320×172	16.5
	SB-3.6-4	3.6	220	单	≥400	620×460×184	31

表 37-25 恒温干燥箱技术参数示例

名　称	型号	额定功率/kW	额定电压/V	电源相数	温度范围/℃	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电热鼓风干燥箱	101-1 101A-1 101C-1	3	220	单	≤300	350×450×450	100
	101-2 101A-2 101C-2	3.6	220	单	≤300	450×550×550	145
	101-3	5.9	380	3	≤300	500×600×750	170
	101-4	8	380	3	≤300	800×800×1000	385
	101A-1E	2.4	220	单	≤250	350×450×450	
	101A-2E	2.8	220	单	≤250	450×550×550	
	101A-3E	4	380	3	≤250	500×600×750	
电热恒温干燥箱	202-1				≤300	350×450×450	
	202-2				≤300	450×550×550	
	202-3				≤300	500×600×750	
	202-4				≤300	800×800×1000	
	PH030				≤200	300×310×350	
电热密闭干燥箱	105	8.5	220	单	≤200	800×800×1000	
	106A	15	220	单	≤200	1200×1100×1800	
	107	110	380	3	≤250	2500×2600×2200	
	ZF9050	1.2	220	单	≤250	415×345×370	50
	ZF9051	1.2	220	单	≤250	415×345×370	50
	ZF9090	1.4	220	单	≤250	450×450×450	150
	ZF9091	1.6	220	单	≤250	450×450×450	150
	ZF9211	2.2	220	单	≤250	560×640×600	210
远红外快速干燥箱	YHG-300	1.4	220	单	≤300	300×300×350	50
	YHG-400	2	220	单	≤300	400×400×450	70
	YHG-500	2.8	220	单	≤300	500×500×550	110
	YHG-600	4	220	单	≤300	600×600×750	150

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-26 电热恒温水浴锅技术参数示例

名 称	型号	规格	额定功率/kW	额定电压/V	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电热恒温水浴锅	S11.2	单列2孔	0.5	220	310×160×115	8
	S11.4	单列4孔	1	220	620×160×115	22
	S11.6	单列6孔	1.5	220	944×156×114	28.5
	S11.8	单列8孔	2	220	1244×156×116	30.5
	S21.4	双列4孔	1	220	306×306×130	10
	S21.6	双列6孔	1.5	220	456×309×130	16
	S21.8	双列8孔	2	220	610×304×115	23
	HH.S21.4	双列4孔	1	220	295×300×90	7.8
	HH.S21.6	双列6孔	1.5	220	450×300×90	9.5
	HH.S21.8	双列8孔	2	220	600×300×90	11
超级恒温水浴锅	501	±0.05℃	1.5	220	工作室：φ175×185 外水套：φ328×213	30
	501	±0.05℃	1.5	220	φ328×213	40
油浴锅	602A	±0.1℃	2.5	220	φ300×460	

表 37-27 高压蒸汽消毒器技术参数示例

名称	型号	工作室容积/m^3	工作温度/℃	工作压力/MPa	真空度/MPa	外形尺寸/mm（长×宽×高）	热源/MPa
卧式压力蒸汽消毒器	WY.22	0.25	115 121 126	0.07 0.11 0.14		1360×765×1820	0.3～0.6
	WG.32	1.14	115 121 126	0.07 0.11 0.14		3100×1210×1970	0.3～0.6
	WG.22	1.23	115 121 126	0.07 0.11 0.14			0.3～0.6
预真空灭菌器	WG.32	1.2	132	0.22	−0.05	1900×1400×1800	0.3～0.7
	ZYS1203	0.25	132	0.22	−0.085	1300×850×1910	0.3～0.7

表 37-28 培养箱技术参数示例

名 称	型号	调温范围	额定功率/kW	额定电压/V	工作室尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
电热恒温培养箱	DHP030	室温+5℃～60℃	0.1	220	280×300×280	25
	DHP060	室温+5℃～60℃	0.15	220	400×400×400	35
	DHP120	室温+5℃～60℃	0.2	220	500×500×500	60
霉菌试验培养箱	SM010A	(29±1)℃			400×450×400	
	SM025	(29±1)℃			580×540×760	
	JY-160L JY-210L	10～50℃	0.33	220	500×370×900	85
隔水式电热恒温培养箱	PYX-DHS 30×35	室温+3℃～60℃	0.25	220	300×300×350	30
	35×40	室温+3℃～60℃	0.33	220	350×350×400	40
	40×50	室温+3℃～60℃	0.44	220	400×400×500	55
	50×65	室温+3℃～60℃	0.66	220	500×500×650	90
	60×75	室温+3℃～60℃	0.77	220	600×600×750	123
	SP030	室温+5℃～60℃	0.15	220	300×300×300	50
	SP060	室温+5℃～60℃	0.25	220	400×400×400	65
	SP120	室温+5℃～60℃	0.35	220	500×500×500	95

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-29 蒸馏水器技术参数示例

名称	型号	出水量/(L/h)	额定功率/kW	额定电压/V	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
不锈钢电热蒸馏水器	HS. Z11. 5	5	4. 5	220	280×200×590	9. 5
	HS. Z11. 10	10	7. 5	220	350×270×710	10. 5
	HS. Z11. 20	20	15	220	360×280×920	14. 5

表 37-30 冷冻干燥器技术参数示例

名称	型号	有效板层面积/m^2	凝结器容量/kg	最低温度/℃	最终绝压/Pa	额定功率/kW	外形尺寸/mm（长×宽×高）	质量/kg
冷冻干燥器	LGJ-1C	0. 2	2	<−60	4	4	1470×820×1830	700
	LGJ-1	1	10	<−60	2. 7	9	1300×1200×2300	1500
	LGJ-3	3	30	<−60	2. 7	21	3200×1270×2800	3100
	LGJ-5	5. 55	50	<−60	2. 7	35	3500×1600×2800	4100

表 37-31 净化工作台技术参数示例

名称		标准单人水平送风净化工作台		标准双人水平送风净化工作台	生物安全垂直送风净化工作台
型号		SW-CJ-1B	SW-CJ-1D	SW-CJ-1C	SA-IIA
主要技术参数	洁净度/级	100	100	100	100
	平均风速/(m/s)	0. 36～0. 44	0. 36～0. 44	0. 35～0. 55	0. 35～0. 55
	照明度/lx	≥300	≥300	≥300	≥300
	净化区尺寸/mm	820×480×575	820×400×575	1680×480×600	1250×630×650
	外形尺寸/mm	920×890×1425	920×800×1425	1765×890×1450	1410×915×2000
	电源	220V 50Hz	220V 50Hz	220V 50Hz	220V 50Hz
	质量/kg	160	160	400	400

3 实验动物设施

3.1 选址要求

① 应避开污染源。

② 宜选在环境空气质量及自然环境条件较好的区域。

③ 宜远离有严重空气污染、振动或噪声干扰的铁路、码头、飞机场、交通要道、工厂、储仓、堆场等区域。若不能远离上述区域则应布置在当地最大频率风向的上风侧或全年最小频率风向的下风侧。

④ 应远离易燃、易爆物品的生产和储存区，并远离高压线路及其设施。

⑤ 实验动物生物安全实验室应同时符合 GB 50346《生物安全实验室建筑技术规范》中的规定。

3.2 总图设计

① 基地出入口不宜少于两处，人员出入口不宜兼作动物尸体和废弃物出口。在实验动物设施基地总图设计时，要考虑三种流线的组织：人员流线、动物流线、洁物和污物流线。尽可能做到人员流线与货物流线分开组织，尤其是运送动物尸体和废弃物的路线与人员进出基地的路线分开，如果能将洁物运入路线和污物运出路线分开则更佳。

② 动物与废弃物暂存处宜设置于隐蔽处。

③ 周围不宜种植有害植物。设施外围宜种植枝叶茂盛的常绿树种，不宜选用产生花絮、绒毛、粉尘等对大气有不良影响的树种，尤其不应种植对人和动物有毒、有害的树种。

3.3 实验动物分级

实验动物按寄生虫学和微生物学等级划分，其中，将实验小鼠和大鼠的等级分为清洁级、无特定病原体级（SPF）和无菌级；豚鼠、地鼠、兔分为普通级、清洁级、无特定病原体级（SPF）和无菌级；犬和猴分为普通级和无特定病原体级（SPF）。

3.3.1 实验动物寄生虫学等级分类（摘自《实验动物 寄生虫学等级及监测》GB 14922. 1—2001）

普通动物 conventional（CV）animal：不携带所

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

规定的人兽共患寄生虫。

清洁动物 clean（CL）animal：除普通动物应排除的寄生虫外，不携带对动物危害大和对科学研究干扰大的寄生虫。

无特定病原体动物 specific pathogen free（SPF）animal：除普通动物、清洁动物应排除的寄生虫外，不携带主要潜在感染或条件致病和对科学实验干扰大的寄生虫。

无菌动物 germ free（GF）animal：无可检出的一切生命体。

3.3.2 实验动物微生物学等级分类（摘自《实验动物 微生物学等级及监测》GB 14922.2—2001）

普通动物 conventional（CV）animal：不携带所规定的人兽共患病病原和动物烈性传染病的病原。

清洁动物 clean（CL）animal：除普通动物应排除的病原外，不携带对动物危害大和对科学研究干扰大的病原。

无特定病原体动物 specific pathogen free（SPF）animal：除清洁动物应排除的病原外，不携带主要潜在感染或条件致病和对科学实验干扰大的病原。

无菌动物 germ free（GF）animal：无可检出的一切生命体。

3.4 环境条件分类及环境指标要求

3.4.1 环境条件分类

普通环境：符合动物居住的基本要求，控制人员和物品、动物出入，不能完全控制传染因子，但能控制野生动物的进入，适用于饲育基础级（普通级）实验动物。

屏障环境：符合动物居住的要求，严格控制人员、物品和空气的进出，适用于饲育清洁实验动物及无特定病原体实验动物。

隔离环境：采用无菌隔离装置以保持装置内无菌状态或无外来污染物。隔离装置内的空气、饲料、水、垫料和设备应无菌，动物和物料的动态传递需经特殊的传递系统，该系统既能保证与环境的绝对隔离，又能满足转运动物、物品时保持与内环境一致。适用于饲育无特定病原体、悉生[注]及无菌实验动物。

注：悉生动物也称已知菌动物或已知菌丛动物，系指机体内带着已知微生物的动物。此种动物原是无菌动物，系人为将指定微生物丛投给其体内，例如使大肠杆菌定居在无菌小鼠体内，在进行微生物检查时，仅能检出大肠杆菌。也有人工投给两种以上的已知微生物。悉生动物一般分为单菌、双菌、三菌或多菌动物，常用于研究微生物和宿主动物之间的关系，并可按研究目的来选择某种微生物。

3.4.2 环境指标要求（见表37-32～表37-34，摘自《实验动物设施建筑技术规范》GB 50447—2008）

表37-32 动物生产区的环境指标

项目		指标						
		小鼠、大鼠、豚鼠、地鼠			犬、猴、猫、兔、小型猪			鸡
		普通环境	屏障环境	隔离环境	普通环境	屏障环境	隔离环境	屏障环境
温度/℃		18～29	20～26		16～28	20～26		16～28
最大日温差/℃		—	4		—	4		4
相对湿度/%		40～70						
最小换气次数/(次/h)		8	15	—	8	15	—	15
动物笼具周边处气流速度/(m/s)		≤0.2						
与相通房间的最小静压差/Pa		—	10	50	—	10	50	10
空气洁净度/级		—	7	—	—	7	—	7
沉降菌最大平均浓度(φ90mm平皿)/(个/0.5h)		—	3	无检出	—	3	无检出	3
氨浓度指标/(mg/m³)		≤14						
噪声/dB(A)		≤60						
照度/lx	最低工作照度	150						
	动物照度	15～20			100～200			5～10
昼夜明暗交替时间/h		12/12 或 10/14						

注：1. 表中氨浓度指标为有实验动物时的指标。

2. 普通环境的温度、湿度和换气次数指标为参考值，可根据实际需要确定。

3. 隔离环境与所在房间的最小静压差应满足设备的要求。

4. 隔离环境的空气洁净度等级根据设备的要求确定参数。

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-33 动物实验区的环境指标

项目		指标						
		小鼠、大鼠、豚鼠、地鼠			犬、猴、猫、兔、小型猪			鸡
		普通环境	屏障环境	隔离环境	普通环境	屏障环境	隔离环境	隔离环境
温度/℃		19～26	20～26		16～26	20～26		16～26
最大日温差/℃		4	4		4	4		4
相对湿度/%		40～70						
最小换气次数/(次/h)		8	15	—	8	15	—	—
动物笼具周边处气流速度/(m/s)		≤0.2						
与相通房间的最小静压差/Pa		—	10	50	—	10	50	50
空气洁净度/级		—	7	—	—	7	—	—
沉降菌最大平均浓度(φ90mm平皿)/(个/0.5h)		—	3	无检出	—	3	无检出	无检出
氨浓度指标/(mg/m³)		≤14						
噪声/dB(A)		≤60						
照度/lx	最低工作照度	150						
	动物照度	15～20			100～200			5～10
昼夜明暗交替时间/h		12/12 或 10/14						

注：1. 表中氨浓度指标为有实验动物时的指标。

2. 普通环境的温度、湿度和换气次数指标为参考值，可根据实际需要确定。

3. 隔离环境与所在房间的最小静压差应满足设备的要求。

4. 隔离环境的空气洁净度等级根据设备的要求确定参数。

表 37-34 屏障环境设施的辅助生产区（辅助实验区）主要环境指标

房间名称	洁净度级别	最小换气次数/(次/h)	与室外方向上相通房间的最小压差/Pa	温度/℃	相对湿度/%	噪声/dB(A)	最低照度/lx
洁物储存室	7	15	10	18～28	30～70	≤60	150
无害化消毒室	7 或 8	15 或 10	10	18～28	—	≤60	150
洁净走廊	7	15	10	18～28	30～70	≤60	150
污物走廊	7 或 8	15 或 10	10	18～28	—	≤60	150
缓冲间	7 或 8	15 或 10	10	18～28	—	≤60	150
二更	7	15	10	18～28	—	≤60	150
清洗消毒室	—	4	—	18～28	—	≤60	150
淋浴室	—	4	—	18～28	—	≤60	100
一更(脱、穿普通衣、工作服)	—	—	—	18～28	—	≤60	100

注：1. 实验动物生产设施的待发室、检疫室和隔离观察室主要技术指标应符合表 37-32 的规定。

2. 实验动物实验设施的待发室、检验室和隔离观察室主要技术指标应符合表 37-33 的规定。

3. 正压屏障环境的单走廊设施应保证动物生产区、动物实验区压力最高。正压屏障环境的双走廊或多走廊设施应保证洁净走廊的压力高于动物生产区、动物实验区；动物生产区、动物实验区的压力高于污物走廊。

3.5 实验动物设施给水要求

① 实验动物的饮用水定额应满足实验动物的饮水需要。

② 普通动物饮用水应符合现行国家标准《生活饮用水卫生标准》GB 5749 的要求。

③ 屏障环境设施的净化区和隔离环境设施的用水应达到无菌要求，用水包括动物饮用水和洗刷用水。

④ 屏障环境设施净化区内的给水管道和管件应选用不生锈、耐腐蚀和连接方便可靠的管材管件。

⑤ 动物饮用水的供水方式有饮水瓶、饮水盆和自动饮水装置。大鼠、小鼠、兔等小型实验动物多使

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

用饮水瓶；犬、羊等大型动物多使用饮水盆。饮水瓶、饮水盆应定期清洗消毒，因而要能耐高温高压和药液浸泡。自动饮水装置具有节省劳力等优点，但易漏水，使室内湿度增大，不利于净化环境的控制，目前国内应用尚不普遍。

⑥ 实验动物日饮用水量参见表37-35（摘自《实验动物设施建筑技术规范》GB 50447—2008）。

表37-35 实验动物日饮用水量表

动物品种	饮用水需要量	单位
小鼠(成熟龄)	4～7	mL
大鼠(50g)	20～45	mL
豚鼠(成熟龄)	85～150	mL
兔(1.4～2.3kg)	60～140	mL/kg
金黄地鼠(成熟龄)	8～12	mL
小型猪(成熟龄)	1～1.9	L
犬(成熟龄)	25～35	mL/kg
猫(成熟龄)	100～200	mL
红毛猴(成熟龄)	200～950	mL
鸡(成熟龄)	70	mL

3.6 实验动物设施排水要求

① 大型实验动物设施的生产区和实验区的排水宜单独设置化粪池，有利于集中处理。

② 实验动物生产设施和实验动物实验设施的排水宜与其他生活排水分开设置，有利于根据不同区域的特点分别进行处理。

③ 兔、羊等实验动物设施的排水管道管径不宜小于*DN*150，小鼠等实验动物设施的排水管道管径不宜小于*DN*75。

④ 屏障环境设施的净化区内不宜穿越排水立管，尽量减少积尘点，同时防止排水管道泄漏污染屏障环境。当不可避免时，其排水立管应暗装，并且不应设置检修口。

⑤ 排水管道应采用不易生锈、耐腐蚀的管材。一般可采用建筑排水塑料管、柔性接口机制排水铸铁管等。高压灭菌柜排水管道采用金属排水管、耐热塑料管等，并且宜单独排放。

⑥ 屏障环境设施净化区内的地漏应采用密闭型洁净地漏。

3.7 实验动物的热负荷（见表37-36，摘自《实验动物设施建筑技术规范》GB 50447—2008）

表37-36 实验动物的热负荷

动物品种	个体体重/kg	全热量/(W/kg)
小鼠	0.02	41.4
雏鸡	0.05	17.2
地鼠	0.11	20.6
鸽子	0.28	23.3
大鼠	0.30	21.1
豚鼠	0.41	19.7
鸡(成熟)	0.91	9.2
兔子	2.72	12.2
猫	3.18	11.7
猴子	4.08	11.7
犬	15.88	6.1
山羊	35.83	5.0
绵羊	44.91	6.1
小型猪	11.34	5.6
猪	249.48	4.4
小牛	136.08	3.1
母牛	453.60	1.9
马	453.60	1.9
成人	68.00	2.5

3.8 动物笼具

① 应选用无毒、耐腐蚀、耐高温、易清洗、易消毒灭菌的耐用材料制成的笼具。

② 笼具内外边角均应圆滑、无锐角。各类动物所占笼具最小面积见表37-37（摘自《实验动物 环境及设施》GB 14925—2001）。

表37-37 各类动物所需居住最小空间

项目	小鼠/g		大鼠/g		豚鼠/g		地鼠/g		兔/kg	
	<20	>20	<150	>150	<350	>350	<100	>100	<2.5	>2.5
单养时/m^2	0.0065	0.01	0.015	0.025	0.03	0.065	0.01	0.012	0.20	0.46
群养时(母+同窝仔)/m^2	0.016		0.08		0.09/只		0.09		0.093	
最小高度/m	0.13	0.15	0.18	0.18	0.18	0.22	0.18	0.18	0.40	0.45

项目	猫/kg		犬/kg			猴/kg			小型猪/kg		鸡/kg	
	<2.5	>2.5	<10	10～20	>20	<4	4～6	>6	<20	>20	<2	>2
单养时/m^2	0.28	0.37	0.60	1.0	1.5	0.5	0.6	0.75	0.96	1.2	0.12	0.15
群养时(母+同窝仔)/m^2	—		—			—			—		—	
最小高度/m	0.76(栖木)		0.8	0.9	1.5	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	0.4	0.6

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

3.9 主要的动物房设备

3.9.1 独立通风笼具（individually ventilated cage，IVC）

独立通风笼具（图 37-9，表 37-38）是一种以饲养盒为单位的实验动物饲养设备，空气经过高效过滤器处理后分别送入各独立饲养盒，使饲养环境保持一定压力和洁净度，用以避免环境污染动物或动物污染环境。该设备用于饲养清洁、无特定病原体或感染动物。

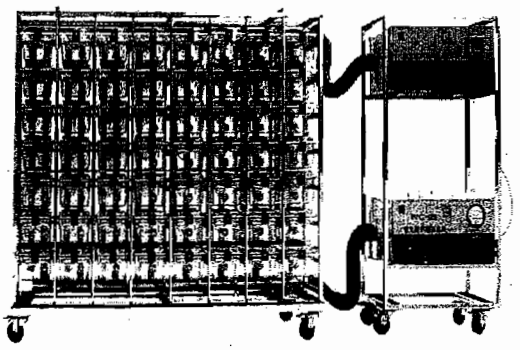


图 37-9 独立通风笼具

表 37-38 独立通风笼具主要技术参数

型 号	鼠笼数	面数
GA30	30	单面
GA40	40	单面
GA56	56	单面
GA64	64	单面
G112	112	双面

项 目	指 标
换气次数/(次/h)	10～20
气流速度/(m/s)	0.15
梯度压差/Pa	23
空气洁净度/级	5
落下菌数/(个/皿)	0
噪声/dB(A)	50

3.9.2 隔离器（isolator）

隔离器（见图 37-10～图 37-12，表 37-39～表 37-41）是一种与外界隔离的实验动物饲养设备，空气经过高效过滤后送入，物品经过无菌处理后方能进出饲养空间，该设备既能保证动物与外界隔离，又能满足动物所需要的特定环境。该设备用于饲养无特定病原体、悉生、无菌或感染动物。

(1) 大小鼠隔离器（正压）

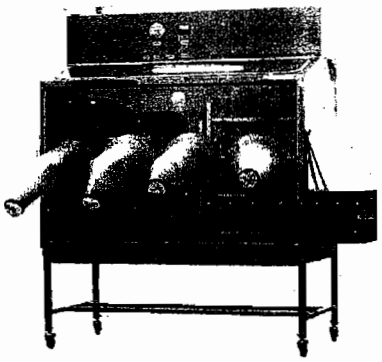


图 37-10 IPY-4 大小鼠隔离器

(2) 兔隔离器（负压）

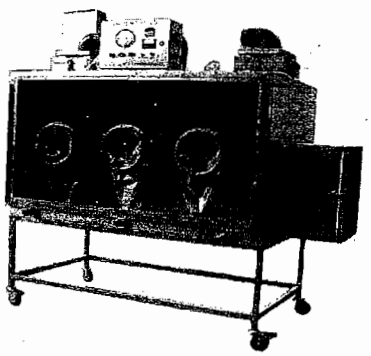


图 37-11 IPRB-6 兔负压隔离器

(3) 禽用隔离器（正/负压）

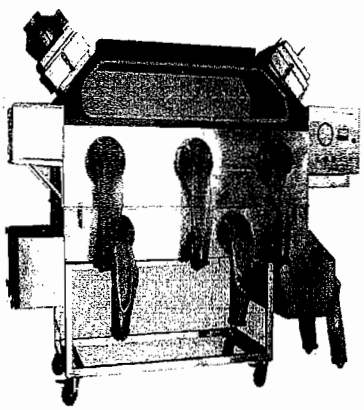


图 37-12 IPQ-3 禽用隔离器

表 37-39 IPY-4 大小鼠隔离器主要技术参数

项 目	指 标
换气次数/(次/h)	20～50
洁净度/级	5
气流速度/(m/s)	0.05～0.18
梯度压差/Pa	100～125
落下菌数/(个/皿)	0
噪声/dB(A)	≤54
外形尺寸/mm	1580×750×1900

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-40　IPRB-6 兔负压隔离器主要技术参数

项　目	指　标
换气次数/(次/h)	20～50
洁净度/级	5
气流速度/(m/s)	≤0.18
梯度压差/Pa	50～125
落下菌数/(个/皿)	0
噪声/dB(A)	≤55
外形尺寸/mm	1580×900×1950

表 37-41　IPQ-3 禽用隔离器主要技术参数

项　目	指　标
换气次数/(次/h)	20～50
洁净度/级	5
气流速度/(m/s)	0.05～0.18
正压差/Pa	50～125
负压差/Pa	−125～−50
落下菌数/(个/皿)	0
噪声/dB(A)	≤60
外形尺寸/mm	2200×860×1880

3.9.3　层流柜（laminar flow cabinet）

层流柜（见图 37-13，表 37-42）是一种饲养动物的架式多层设备，洁净空气以定向流的方式使饲养环境保持一定压力和洁净度，避免环境污染动物或动物污染环境。该设备用于饲养清洁、无特定病原体动物。

3.9.4　笼具清洗机

笼具清洗机（见图 37-14，表 37-43、表 37-44）是一种机械清洗设备，配备微处理控制系统。该设备可根据不同的清洗物品设定清洗循环程序，主要用于动物笼子、笼架、废物盘、饲养瓶和其他多种物品的清洁和消毒。设备分为地坑式安装和地板式安装两种方式，其中地板式安装需配备供物品进出的不锈钢斜坡。

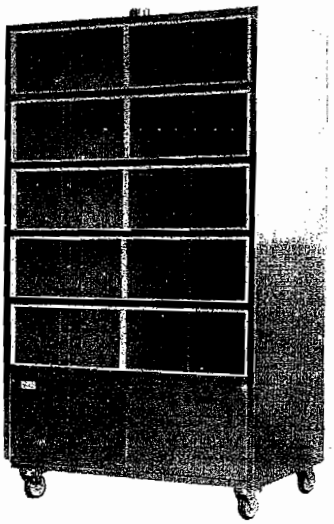


图 37-13　DJB 系列不锈钢层流柜

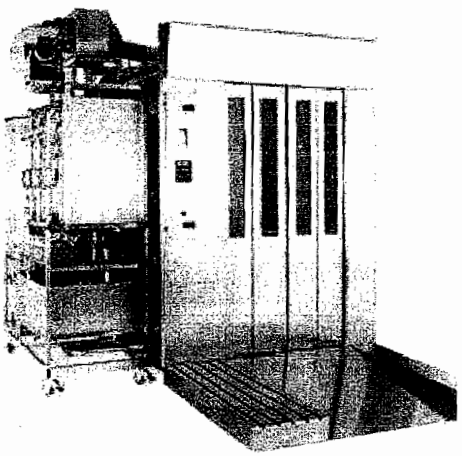


图 37-14　BASIL 9700 笼具清洗机

表 37-42　DJB 系列不锈钢层流柜技术参数

项　目	小鼠不锈钢层流架			大鼠不锈钢层流架		
型　号	DJB-1	DJB-1S	DJB-1M	DJB-2	DJB-2S	DJB-2M
层　数	5			4		
笼盒型号及饲养数量	Cp5 型，30 笼	Cp3 型或 Cp5 型，20 笼	Cp3 型或 Cp5 型，25 笼	Cp4 型，16 笼	Cp2 型，16 笼	Cp2 型，20 笼 Cp4 型，12 笼
外形尺寸/mm	1250×650×1940	980×650×1940	1200×650×1940	1400×700×1940	980×700×1940	1200×700×1940
最大功率	120W					
噪　声	≤60dB(A)					
平均风速	0.1～0.18m/s					
洁净度	7 级					
落下菌数	≤3 个/皿					
气流方向	从里向外吹风/排风集中排放至室外					
操作门	有机玻璃移门					

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

表 37-43 BASIL 9700 笼具清洗机主要技术参数

项 目	规 格	参 数
热水	1.4～5.5bar，最低温度 43℃	76～204L/min
冷水	3.8～5.5bar，最高温度 21℃	151～204L/min
蒸汽	3.4～5.5bar，清洁和干燥的蒸汽	平均流量 135kg/h，5.5bar 最大流量 635kg/h
冷凝水		最大流量 11L/min
排风		28.3m³/min(带干燥功能) 5.7m³/min(不带干燥功能)
排水		227L/min
供电	380V，50Hz	13A
噪声		76.6dB(A)
外形尺寸		2943mm×3054mm×2337mm
运行质量		主体：1270kg，辅助机械：1197kg

表 37-44 BASIL 9700 笼具清洗机主要运行参数

笼具类型	项 目	描 述
猴和犬笼	循环时间	12～15min，包括 3min 碱洗、20s 中间冲洗、3min 酸洗、1min 82℃热冲洗、1min 排气；带有干燥阶段，要增加 10～15min 干燥时间
	热水消耗量	226L，包括碱洗、中间冲洗、酸洗、82℃热冲洗，基于两个清洗阶段补充 15%的新鲜水，冲洗阶段补充 25%新鲜水
	蒸汽消耗量	53kg，包括碱洗、中间冲洗、酸洗、82℃热冲洗(基于提供的 60℃的热水)；带有干燥阶段，要加上 12kg
	平均清洗剂消耗量	碱：每天开机时需要 288mL，每个循环消耗 45mL，基于 2%的浓度，如果采用酸清洗，酸的消耗量与碱相同；根据脏的程度不同，则可能需要清洗剂较高的浓度
	耗电量	大约 2kW，包括碱洗、中间冲洗、酸洗、82℃热冲洗；干燥增加 1kW
鼠笼	循环时间	8min，包括 2min 碱洗、1min 82℃热冲洗、1min 蒸汽排放；干燥阶段增加 10～15min 干燥时间
	热水消耗量	61L，包括碱洗和 82℃热冲洗，基于两个清洗阶段补充 15%的新鲜水，冲洗阶段补充 25%新鲜水
	蒸汽消耗量	25kg，带有干燥阶段，再加上 12kg
	平均清洗剂消耗量	碱：每天开机时需要 288mL，每个循环消耗 45mL，基于 2%的浓度，如果采用酸清洗，酸的消耗量与碱相同；根据脏的程度不同，则可能需要清洗剂较高的浓度
	耗电量	每个循环 1kW；干燥增加 1kW

注：影响消耗的因素和参数比较多，如：公用工程的具体情况、污物的种类和污染程度、笼子的形状以及客户对清洗、冲洗和干燥的验收标准等。上述数据均为参考值。

3.9.5 开放式笼具（见图 37-15～图 37-28）

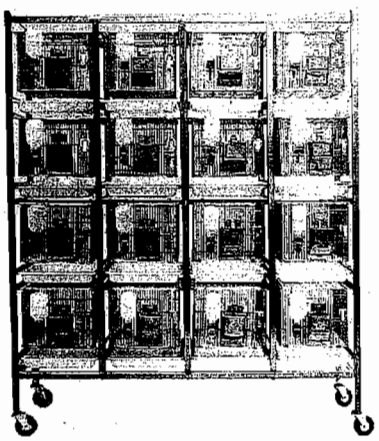


图 37-15 不锈钢大鼠笼架

B_3 型 4层×4笼=16笼

外形尺寸：1360mm×500mm×1600mm

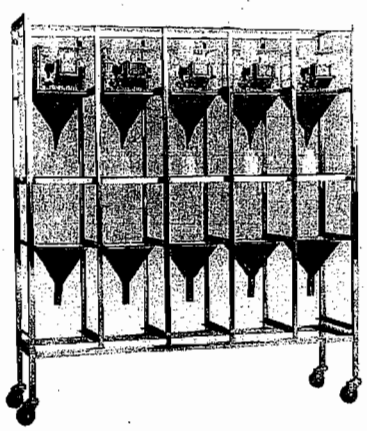


图 37-16 不锈钢大鼠代谢笼架

B_6 型 2层×5笼=10笼

外形尺寸：1410mm×400mm×1550mm

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

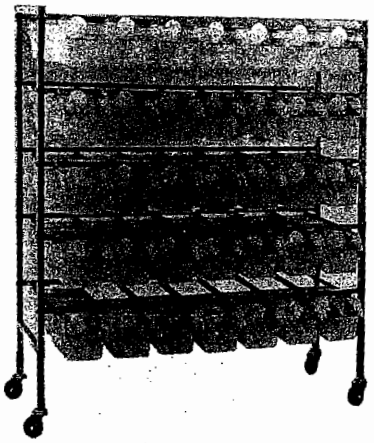


图 37-17　挂式小鼠笼架
M1-70 型　5 层×7 笼×2 面＝70 笼
外形尺寸：1380mm×430mm×1480mm

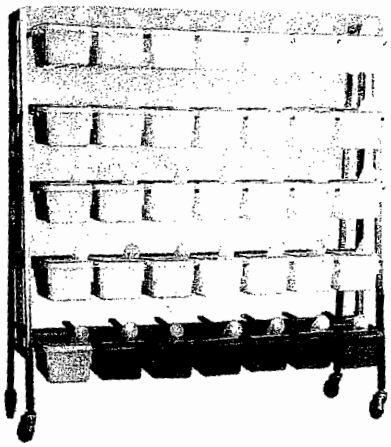


图 37-18　挂式小鼠笼架
M3-70 型　5 层×7 笼×2 面＝70 笼
外形尺寸：1570mm×600mm×1460mm

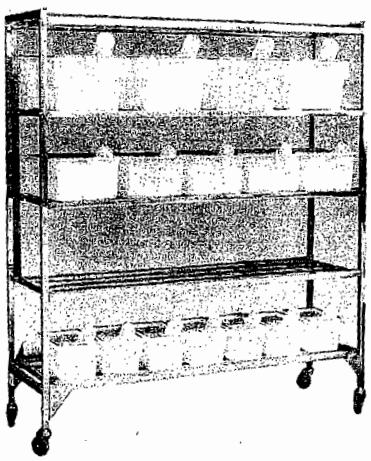


图 37-19　大小鼠通用平板架
GP-5 型
外形尺寸：1650mm×450mm×1600mm

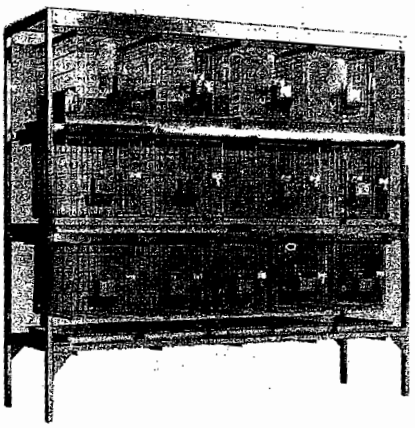


图 37-20　不锈钢干养式兔笼架
外形尺寸：1950mm×600mm×1750mm

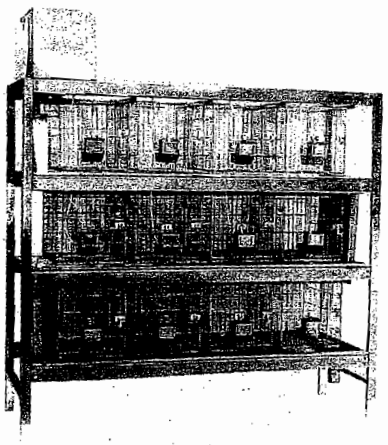


图 37-21　不锈钢冲洗式兔笼架
实验笼 RB35-15 型：3 层×5 笼＝15 笼
饲养笼 RB42-12 型：3 层×4 笼＝12 笼
繁殖笼 RB85-6 型：3 层×2 笼＝6 笼
外形尺寸：2030mm×650mm×1750mm

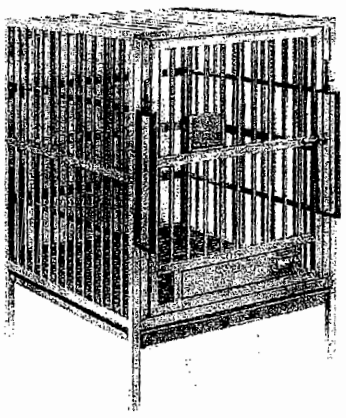


图 37-22　不锈钢犬笼（单）
DC-1L 型
外形尺寸：700mm×800mm×1000mm

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

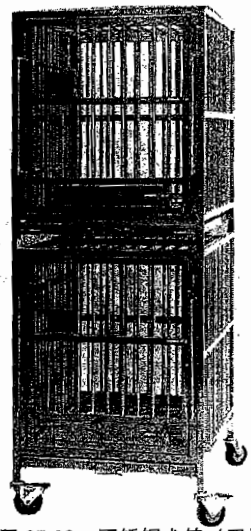


图 37-23 不锈钢犬笼（双）
DC-2L 型
外形尺寸：700mm×800mm×1800mm

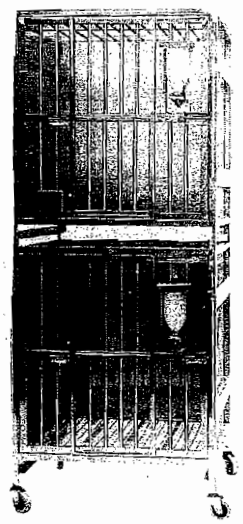


图 37-24 不锈钢猴笼（双）
MC-2L 型
外形尺寸：700mm×800mm×1800mm

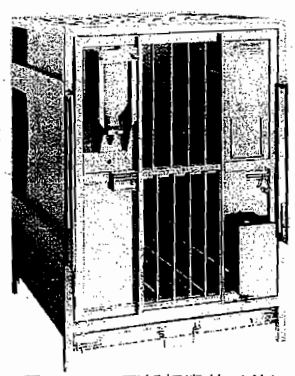


图 37-25 不锈钢猴笼（单）
MC-1L 型
外形尺寸：700mm×800mm×1000mm



图 37-26 不锈钢犬/猴两用笼
DMC-2L 型
外形尺寸：700mm×800mm×1800mm

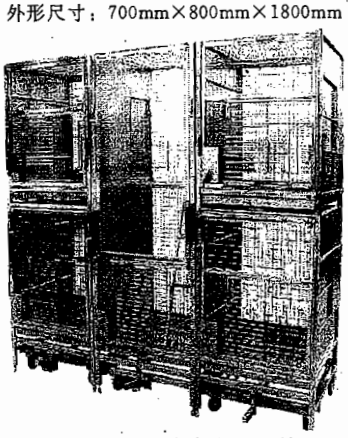


图 37-27 不锈钢组合猴笼
MC-212 型
外形尺寸：2450mm×900mm×1950mm
中间为活动区，两侧为上下两层饲养笼



图 37-28 不锈钢猫笼
CC-3 型
外形尺寸：600mm×700mm×1500mm

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

参考文献

[1] 中华人民共和国国家标准. GB 50346—2004《生物安全实验室建筑技术规范》.
[2] 中华人民共和国国家标准. GB 14925—2001《实验动物 环境及设施》.
[3] 中华人民共和国国家标准. GB 50447—2008《实验动物设施建筑技术规范》.
[4] 中华人民共和国国家标准. GB 14922.1—2001《实验动物 寄生虫学等级及监测》.
[5] 中华人民共和国国家标准. GB 14922.2—2001《实验动物 微生物学等级及监测》.
[6] 陈主初，吴端生主编. 实验动物学. 长沙：湖南科学技术出版社，2003.
[7] 许钟麟，王清勤编著. 生物安全实验室与生物安全柜. 北京：中国建筑工业出版社，2004.
[8] 建筑设计资料集. 第二版. 第五集. 科学实验建筑. 北京：中国建筑工业出版社，1994.

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载

化工资料下载网 www.chemdown.cn 行业资料免费下载